Power Generation

Engenharia de Aplicações

Manual de aplicações para Grupos Geradores arrefecidos a água

Página deixada intencionalmente em branco

ÍNDICE GERAL

GARANTIA vi

1 – INTRODUÇÃO 1
Descritivo 1
Sobre este manual 1
Manuais de aplicação relacionados 2
Segurança 2

2 – PROJETO PRELIMINAR 9
Descritivo 9
Requisitos de energia 9
Requisitos gerais 9
Requisitos específicos 9
Tipos e Classificações de Sistemas 9
Diagrama elétrico “unifiliar” 11
Diretrizes para classificação de grupos geradores (potência) 12
Classificação “Energia Standby” 12
Classificação “Energia Prime” 12
Classificação “Energia de Carga Básica” (Classificação “Energia Contínua”) 13
Dimensionamento 15
Considerações - Local da instalação 15
Considerações - Instalação em local externo 15
Considerações - Instalação em local interno 16
Considerações sobre a escolha do combustível 18
Combustível Diesel 18
Biodiesel 18
Gás natural 19
GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) 19
Gasolina 19
Alternativas de combustível em substituição ao diesel 2-D 19
Considerações Ambientais 20
Ruídos e Controle de Ruídos 20
Legislação e normas técnicas sobre ruídos 20
Normas sobre emissões de escape de motores 20
Normas técnicas para o armazenamento de combustíveis 21
Proteção contra incêndios 21

Lista de Verificação do Projeto Preliminar 21

3 – A INFLUÊNCIA DAS CARGAS NO DIMENSIONAMENTO DO GRUPO GERADOR 23
Descritivo 23
Tipos de aplicação e “classificação de trabalho” de um grupo gerador 23
Classificação de trabalho de um grupo gerador 23
Aplicações obrigatórias e opcionais 23
Conhecendo as caracteríticas das cargas 24
Requisitos para alimentação de uma carga durante a partida e durante a operação 24

Seqüenciamento das cargas em etapas 25
Tipos de carga 25
Características da Carga 34

4 – SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO 37
Descritivo 37
Alternadores CA 37
Tensão 37
Isolamento e Classificações 37
Enrolamentos e Conexões 40
Fundamentos e Excitação 40
Motores 49
Governadores 49
Sistemas de Partida de Motores 50
Controles 54
Sistemas de controle baseados em relés 54
Sistemas de controle baseados em circuitos eletrônicos (Microprocessadores) 54
Circuitos eletrônicos com “Autonomia Plena” 55
Opcionais para o sistema de controle 55
Acessórios e opcionais 55
Recursos de Segurança e Alertas de Controle 55
Disjuntores 56
Baterias e carregadores de baterias 56
Sistemas de escape e de silencioso 57
Carenagens 58
Configurações alternativas de arrefecimento e ventilação 58
Sistemas de controle do nível do óleo lubrificante 59
Dispositivos de aquecimento “Standby” para grupos geradores 59
Tanques de Combustível (Diesel) 61
Montagem dos Isoladores de Vibração 61
Painéis de Transferência 62
Necessidade de equipamentos adicionais 62

5 – PROJETO ELÉTRICO 63
Descritivo 63
Projetos típicos para um sistema elétrico 63
Considerações sobre o projeto 64
Requisitos 64
Recomendações 65
Sistemas típicos para baixa tensão 66
Sistemas típicos para médias ou altas tensões 70
Escolhendo o transformador para um grupo gerador 73
Geradores sigelos (unitários) versus geradores conectados em paralelo 78
Geradores conectados em paralelo com a rede pública de energia 81
Distribuição de energia 83
Conexões Elétricas 85
Descritivo 85
Conexões de CA no gerador 85
Condutores de corrente alternada (CA) 87
Redução do Fator de Potência pela Carga 90
Aterramento do sistema e dos equipamentos 90

Coordenação seletiva 93
Proteção dos grupos geradores contra falhas e sobrecorrentes 97
Dimensionamento de um disjuntor para o barramento principal do gerador 97
Fontes dos grupos geradores 97
Proteção dos geradores contra sobrecargas 101
Média tensão,todas as aplicações 103

6 – PROJETO MECÂNICO 107
Fundação e Montagem 107
Montagem do grupo gerador e isolamento contra vibrações 107
Recursos para as fundações 108
Fundações para o isolamento de vibrações 109
Isoladores de vibrações 111
Resistência a Terremotos 113
Alívio de tensões na fiação de energia e na fiação do sistema de controle 113
Sistema de escape 114
Diretrizes gerais do sistema de escape 114
Cálculos do sistema de escape 119
Arrefecimento do motor 124
Requisitos 124
Recomendações 127
Descritivo 128
Tipos de Sistemas de Arrefecimento 128
Sistemas de arrefecimento fornecidos pelo fabricante do grupo gerador (“originais de fábrica”) 131
Sistemas de arrefecimento não-fornecidos pelo fabricante do grupo gerador 134
Líquido de arrefecimento 147
Altitude e temperatura ambiente 149
Arrefecimento do alternador 150
Obstruções no sistema de arrefecimento 151
Manutenção do sistema de arrefecimento 151
Aplicações em “serviços externos” 151
Arrefecimento do motor 151
Radiador montado no chassis 152
Radiador remoto 153
Radiador remoto equipado com sistema de “desaeração” 157
Radiador remoto equipado com bomba auxiliar para o líquido de arrefecimento 157
Radiador remoto equipado com um reservatório do tipo “Hot Well” 160
Arrefecimento do motor por meio de radiadores remotos com circuitos múltiplos 162
Radiadores indicados para aplicações do tipo “radiador remoto” 163
Arrefecimento do combustível utilizando-se radiadores remotos 167
Cálculos para o dimensionamento da tubulação de arrefecimento 168
Ventilação 172
Diretrizes Gerais 172
Requisitos para o sistema de ventilação 172
Recomendações para o sistema de ventilação 173
Determinação dos requisitos para o fluxo de ar no sistema de ventilação 174
Requisitos para entrada e saída de ar no projeto de ventilação do recinto do grupo gerador 180
Cálculo da área efetiva para a entrada e saída do fluxo de ar no recinto do grupo gerador 181
Diretrizes para a entrada e saída de ar no projeto de ventilação do recinto do grupo gerador 181

Pressão negativa no recinto do grupo gerador 183
Ventilação do cárter do motor 183
Restrição ao fluxo de ar no recinto do grupo gerador 184
Ventilação em instalações que contenham múltiplos grupos geradores 186
Operação das venezianas no recinto do grupo gerador 187
Paredes de contenção 188
Filtragem do ar utilizado para ventilação 189
Efeito da altitude e da temperatura ambiente no sistema de ventilação 189
Verificação do sistema de ventilação 189
Diretrizes gerais para o sistema de ventilação do recinto do grupo gerador 191
Cálculo do fluxo de ar através do recinto do grupo gerador 193
Teste de campo dos sistemas de ventilação 194
Ventilação do radiador montado diretamente no chassi do grupo gerador 194
Ventilação em sistemas equipados com trocador de calor ou radiador remoto 197
Exemplo de cálculo para o fluxo de ar para ventilação dentro do recinto do grupo gerador 198
Suprimento de combustível 199
Suprimento de diesel combustível 199
Tubulação para o diesel combustível 204
Tanques de combustível “sob a base” 205
Tanques diários 205
Utilização de combustível gasoso 206
Qualidade do combustível gasoso 206
Projeto do sistema de combustível para o grupo gerador 210
Projeto do sistema de combustível do Local 210
Cálculo da pressão do combustível em um sistema acionado por combustível gasoso 212
Redução de ruídos em aplicações de grupos geradores 219
A ciência dos ruídos 219
Ruídos produzidos por um grupo gerador 222
Redução de ruídos transmitidos por estruturas prediais 222
Redução de ruídos que se propagam pelo ar (som) 223
Carenagens (gabinetes) equipadas com atenuação ou isolamento de som 223
Desempenho do silencioso do escapamento 224
Proteção contra incêndios 225
Projeto do recinto do equipamento 226
Considerações gerais 226
Instalações sobre o teto 226

APÊNDICE A 227
Dimensionamento de grupos geradores com o software GenSize 227
Descritivo 227
Parâmetros de Projeto 228
Especificação dos valores das cargas no software GenSize 231
Definição de termos 233
Cálculos detalhados para as cargas 234
Cálculos para cargas diversas 239
Entrada dos dados referentes às cargas na pasta “Step” do software 240
Considerações sobre as etapas de ativação das cargas 241
Diretrizes para a definição de uma seqüência de etapas para ativação de cargas 241
Recomendações e relatórios 242
Relatórios 246

APÊNDICE B 249
Partida de motor elétrico utilizando tensão reduzida..... 249
Uma comparação entre os métodos de partida de um motor elétrico..... 249
Partida de um motor elétrico com tensão plena 250
Partida de um motor elétrico com autotransformador - “Transição aberta”..... 250
Partida de um motor elétrico com autotransformador - “Transição fechada” ... 251
Partida de um motor elétrico utilizando um reator - “Transição fechada”..... 251
Partida de um motor elétrico utilizando um resistor - “Transição fechada” 252
Partida de um motor elétrico “Estrela-Triângulo” - “Transição fechada”..... 252
Partida de um motor elétrico utilizando enrolamento parcial (“Part winding”) - “Transição fechada” 253
Partida de um motor elétrico equipado com “rotor com enrolamento” ou “rotor bobinado” (“wound rotor”)..... 253
Partida de um motor síncrono 254
Notas gerais sobre aplicações 254

APÊNDICE C 255
Padrões das fontes de energia e valores das tensões utilizadas no Mundo..... 255

APÊNDICE D 259
Fórmulas úteis para cálculos em eletricidade..... 259

APÊNDICE E..... 261
Serviços de manutenção e reparos 261
Manutenção diária..... 261
Manutenção semanal..... 261
Manutenção mensal..... 261
Manutenção semestral..... 262
Manutenção anual..... 262

APÊNDICE F..... 263
Normas e Padrões..... 263
Normas de produtos relacionados 263
Modificação de produtos 263

APÊNDICE G 265
Glossário..... 265

APÊNDICE H 277
Lista de Figuras 277

APÊNDICE I..... 281
Lista de Tabelas 281

Página deixada intencionalmente em branco

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

CAPÍTULO 1

1 – INTRODUÇÃO 7
Descritivo 7
Sobre este manual 7
Manuais de aplicação relacionados 8
Segurança 8

Página deixada intencionalmente em branco

1 INTRODUÇÃO

Descritivo

O mundo vem se tornando progressivamente dependente da eletricidade. O fornecimento de energia elétrica é crítico para, praticamente, todos os setores de atividade e um fornecimento confiável de energia elétrica é vital para um número crescente de aplicações. Instalações tais como grandes edifícios de escritórios, indústrias, assim como, instalações de serviços de telecomunicações, centros de informação e provedores de serviços de internet dependem da disponibilidade da energia elétrica 24 horas por dia, sete dias por semana, sem interrupções. Esta necessidade também é conseqüência do número crescente de computadores utilizados no processamento de dados, controle de processos, sistemas de suporte à vida e comunicações globais - que dependem de um fluxo contínuo e ininterrupto de energia elétrica. Além das questões relativas à confiabilidade, existem os incentivos ao crescimento econômico que favorecem a instalação local de grupos motor-gerador. Como resultado, os grupos motor-gerador são, rotineiramente, incluídos nos projetos de construção de novos edifícios, bem como, nos projetos de reforma. Estes equipamentos fornecem energia de emergência na eventualidade de alguma falha no fornecimento de energia pela concessionária de energia elétrica, e, também, podem ser utilizados para reduzir o custo da eletricidade quando o valor das tarifas ou a política da concessionária local de energia elétrica fazem com que o uso de uma fonte alternativa seja uma opção atraente. Devido à sua importancia, os grupos geradores devem ser selecionados e utilizados de modo a fornecer um suprimento de energia elétrica confiável, de qualidade, e, na quantidade necessária.

Tanto em comunidades distantes, não servidas por uma rede comercial de energia elétrica, quanto em locais onde, por alguma razão, a rede comercial de energia elétrica esteja inacessível por longos períodos, o fornecimento de energia elétrica “Prime” torna-se uma necessidade, e não um luxo, para muitos usuários.

Qualquer que seja o uso a que se destina o fornecimento local de energia elétrica, a confiabilidade do serviço fornecido pelos equipamentos locais, seu desempenho e o seu custo; são as principais fatores a serem considerados pelos usuários. O objetivo deste manual é proporcionar, aos projetistas de sistemas e de instalações elétricas, um guia para a escolha dos equipamentos mais adequados para uma determinada instalação, bem como, diretrizes para o projeto da instalação, de modo que sejam atendidas todas as necessidades.

Sobre este manual

Este manual descreve as especificações e a aplicação de grupos motor-gerador estacionários a diesel, ou por ignição a vela, e arrefecidos a água - denominados aqui “grupos geradores”. Este manual é composto por sete seções principais: “Projeto Preliminar”, “Impacto da Carga Elétrica no Dimensionamento do Gerador”, “Seleção do Equipamento”, “Projeto Elétrico”, Projeto Mecânico” e “Apêndice”.

A seção “Projeto Preliminar” apresenta as considerações iniciais para o projeto de um grupo gerador. Os requisitos do equipamento e da instalação variam dependendo dos motivos para o uso do grupo gerador. Ao se fazer um projeto para a instalação de um grupo gerador, a revisão e o conhecimento destes motivos será útil como um ponto de partida para o projeto do sistema e para a escolha dos equipamentos.

A seção “Impacto da Carga Elétrica no Dimensionamento do Gerador” apresenta os diversos tipos de carga e sua influência no dimensionamento do grupo gerador, em sua operação e na escolha dos equipamentos. Também é apresentada uma discussão sobre a seqüência de conexão das cargas ao grupo gerador.

A seção “Seleção do Equipamento” descreve os principais componentes de um grupo gerador e dos equipamentos associados, suas funções e inter-relações, e, os critérios para a sua escolha. São apresentadas as características funcionais, os critérios para a escolha e os equipamentos opcionais necessários.

A seção “Projeto Elétrico” descreve o projeto de instalação do gerador e dos sistemas elétricos associados, sua interconexão com os sistemas existentes no local da instalação, assim como, tópicos sobre a proteção da carga e do gerador. O projeto elétrico e o planejamento do sistema local de geração de energia elétrica, são fundamentais para o funcionamento correto e a confiabilidade do sistema.

A seção “Projeto Mecânico” descreve o projeto de instalação do grupo gerador, dos sistemas mecânicos associados sua interconexão com os sistemas existentes no local da instalação. O projeto mecânico e o planejamento do sistema local de geração de energia elétrica, são fundamentais para o funcionamento correto e a confiabilidade do sistema. Os tópicos incluem discusões sobre fundações e montagens, sistemas de escape, sistemas de arrefecimento, sistemas de combustível, redução dos níveis de ruídos, proteção contra incêndios e sobre o recinto do equipamento.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

O “Apêndice” apresenta diversos tópicos úteis como um descritivo do software de dimensionamento GenSize™ e sobre o conteúdo da ferramenta Power Suite. Também apresenta uma discussão sobre o procedimento de partida de motores utilizando uma tensão reduzida, assim como, referências úteis para as tensões utilizadas no mundo todo, questões sobre manutenção, fórmulas, referências sobre Normas Técnicas e Padrões, e, um glossário.

Este manual descreve a aplicação de grupos geradores estacionários. Este manual não inclui qualquer descritivo sobre o uso de grupos de geradores comerciais estacionários em aplicações “itinerantes” (ou seja, a instalação e uso de grupos geradores sobre um chassis móvel, carroceria,trailer, etc.) pois os equipamentos apresentados neste manual não foram projetados para este tipo de aplicação. A Cummins Power Generation (CPG) não aprova qualquer aplicação “itinerante” de seus grupos geradores comerciais. As únicas aplicações aprovadas são aquelas para as quais os grupos geradores foram especificamente projetados e testados pela Cummins Power Generation (CPG). Caso os distribuidores, ou clientes, desejem utilizar grupos geradores comerciais estacionários em aplicações “itinerantes”, deverão fazê-lo somente após uma extensa análise, testes, e uma notificação clara e inequívoca ao cliente final sobre possíveis conseqüências deste tipo de aplicação para a vida útil do grupo gerador. A Cummins Power Generation (CPG) não garante que as características do produto são adequadas e suficientes para as aplicações “itinerantes” e, portanto, cada cliente deve ser avisado sobre isso. Cada cliente é responsável pelos projetos de instalação e utilização de seus próprios equipamentos.

Manuais de aplicação relacionados

Cada instalação de um grupo gerador requer a utilização de um equipamento de transferência de energia, seja(m) ele(s) chave(s) comutadora(s) ou chave(s) de paralelismo. O equipamento correto de trabalho e sua correta aplicação são fundamentais para sua operação confiável e segura. Os manuais de aplicação da Cummins Power Generation (CPG) englobam aspectos relacionados aos sistemas de energia “standby” e “de emergência”. Como estes manuais apresentam temas relevantes que devem ser levados em conta desde as primeiras tomadas de decisão no início do processo do projeto, eles deverão ser analisados em conjunto com este documento.

Manual de Aplicação T-011 – Sistemas de Transferência Automática de Energia. Muitas aplicações práticas utilizam diversas fontes diferentes de energia para aumentar a confiabilidade do sistema de energia elétrica. Freqüentemente, estas fontes incluem tanto o serviço da concessionária de energia (fonte principal), quanto o serviço de grupo gerador para cargas críticas. O manual T-011 apresenta vários tipos de sistemas de transferência de energia disponíveis e considerações sobre seus usos. A avaliaçao criteriosa do uso de um sistema de comutação de energia já no início de um projeto permitirá aos responsáveis pelo projeto escolher o serviço mais interessante economicamente e mais confiável para o usuário da energia elétrica.

Manual de Aplicação T-016 – Paralelismo e Chave Seletora de Paralelismo. O equipamento de paralelismo permite que dois ou mais grupos geradores funcionem como um grande grupo gerador. Isto pode ser economicamente vantajoso, especialmente, quando a carga total for maior que 1000kW. A decisão sobre o uso de grupos geradores em paralelo deve ser tomada desde as etapas iniciais do projeto, principalmente se o espaço e as necessidades de futuras expansões forem fatores críticos.

Segurança

A segurança deve ser uma das principais preocupações do responsável pelo projeto. A segurança envolve dois aspectos: a operação segura do próprio grupo gerador (e seus acessórios) e a operação confiável do sistema. A operação confiável do sistema está frequentemente relacionada com a segurança porque os equipamentos que afetam a vida e a saúde de indivíduos (tais como, como sistemas de terapia intensiva em hospitais, iluminação de saídas de emergência, ventilação de edifícios, elevadores, bombas de combate a incêndios, segurança e comunicações) geralmente dependem de um grupo gerador.

Consulte a seção “Referências Técnicas” para informações mais detalhas sobre normas técnicas para instalações elétricas e de combate à incêndios, válidas para a América do Norte, América Central e Europa. As normas técnicas são revisadas periodicamente, exigindo que haja uma atualização contínua. A conformidade com todas as normas aplicáveis é responsabilidade do engenheiro encarregado do projeto de instalação. Por exemplo, alguns locais podem ser exigidos certificados de conformidade com as normas em vigor, alvará de zoneamento, alvará do edifício ou outro certificado local específico. Verifique todas as licenças necessárias, junto às autoridades governamentais locais, logo no início do processo de planejamento.

NOTA: Embora as informações contidas neste manual e nos manuais relacionados sejam precisas e úteis, nada substitui o discernimento de um profissional de projetos qualificado e experiente. O usuário final deve determinar se o grupo gerador selecionado e o sistema de emergência/standby são corretos para sua aplicação.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

CAPÍTULO 2

2 – PROJETO PRELIMINAR 9
Descritivo 9
Requisitos de energia 9
Requisitos gerais 9
Requisitos específicos 9
Tipos e Classificações de Sistemas 9
Sistemas de emergências 10
Sistemas de energia “standby” exigidos por lei 10
Sistemas de energia “standby” opcionais 10
Energia “Prime” 10
Operação durante picos de consumo de energia 10
Redução de custos 10
Carga básica contínua 10
Co-geração de energia 10
Diagrama elétrico “unifiliar” 11
Diretrizes para classificação degrupos geradores (potência) 12
Classificação “Energia Standby” 12
Classificação “Energia Prime” 12
Energia Prime com tempo ilimitado de funcionamento 12
Energia Prime com tempo de funcionamento limitado 12
Classificação “Energia de Carga Básica” (Classificação “Energia Contínua”) 13
Dimensionamento 15
Considerações - Local da instalação 15
Considerações - Instalação em local externo 15
Considerações - Instalação em local interno 16
Considerações sobre a escolha docombustível 18
Combustível Diesel 18
Biodiesel combustível 18
Gás natural 19
GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) 19
Gasolina 19
Alternativas de combustível em substituição ao diesel 2-D 19
Considerações Ambientais 20
Ruídos e Controle de Ruídos 20
Legislação e normas técnicas sobre ruídos 20
Normas sobre emissões de escape de motores 20
Normas técnicas para o armazenamento decombustíveis 21
Proteção contra incêndios 21

Lista de Verificação do Projeto Preliminar 22

Página deixada intencionalmente em branco

2 PROJETO PRELIMINAR

Descritivo

O projeto de instalação de um grupo gerador exige uma série de avaliações a respeito dos requisitos dos equipamentos e sua instalação. Estes requisitos variam dependendo dos motivos para a instalação do grupo gerador. Uma avaliação e a clara compreensão destes motivos representam um ponto de partida adequado para o projeto do sistema e a escolha correta dos equipamentos.

Requisitos de energia

Requisitos gerais

A necessidade de geração local de eletricidade "de emergência" ou "standby", em geral, é definida pela obrigatoriedade de atender aos requisitos de normas técnicas para instalações prediais e/ou o risco de perdas financeiras que podem resultar da falta de energia elétrica.

A obrigatoriedade para instalações de sistemas de energia "de emergência" ou "standby" decorrem dos requisitos estabelecidos nas normas técnicas para instalações prediais, definidos por autoridades federais, estaduais, municipais ou quaisquer outras autoridades governamentais. Um dos principais motivos destas normas para instalações prediais é assegurar a integridade física e a vida de terceiros em situações decorrentes de falhas no fornecimento de energia. As instalações "voluntárias" de energia "standby" por razões de economia, normalmente, são justificadas por uma redução no risco da interrupção de serviços, perdas de dados ou outros ativos valiosos. Tanto as instalações "obrigatórias" como as "voluntárias" de sistemas para geração local de energia podem ser justificadas pela redução nos preços em relação à energia elétrica oferecida pela concessionária local de energia, todavia, a observância das normas existentes para assegurar a integridade física e a vida de terceiros devem ter prioridade. Para tanto, deve-se dimensionar adequadamente a capacidade do gerador, e, assegurar o projeto adequado para os sistemas de transferência de carga.

Requisitos específicos

A necessidade da instalação de um sistema de geração local de energia elétrica resulta de uma grande variedade de requisitos específicos. Veja abaixo alguns destes requisitos:

Iluminação: Iluminação de saídas de emergência, sinais luminosos de saída, iluminação de segurança, luzes de advertência, iluminação da sala de operação, iluminação interna de elevadores, iluminação da sala do gerador, etc.

Energia para sistemas de controle: Energia para o controle de caldeiras, compressores de ar e outros equipamentos utilizados um tarefas críticas.

Transporte: Elevadores para uso pelo corpo de bombeiros.

Sistemas mecânicos: Exaustão de fumaça e controle ventiladores de pressurização, tratamento de águas servidas, etc.

Aquecimento: Aquecimento em processos críticos.

Refrigeração: Bancos de sangue, armazenamento de alimentos, etc.

Produção: Energia para processos críticos em laboratórios, processos de produção na indústria farmacêutica, etc.

Refrigeração de ambientes: Refrigeração de salas com equipamentos de computação, refrigeração e/ou aquecimento para pessoas que requerem cuidados especiais, ventilação de locais onde hajam produtos químicos perigosos, ventilação de locais onde hajam poluentes ou risco de contaminação biológica, etc.

Proteção contra incêndios: Bombas para combate à incêndios, bombas auxiliares, sistemas de alarme e sinalização.

Processamento de dados: Sistemas UPS e refrigeração para evitar a perda de dados, perda de sistemas de memória, danos à programas de computador.

Suporte à vida: Hospitais, enfermarias e outras instalações similares.

Sistemas de comunicações: Serviços telefônicos de emergência, como polícia e corpo de bombeiros, sistemas de antenas de telecomunicações em edifícios públicos, etc.

Sistemas de sinalização: Controle de tráfego ferroviário, marítimo e aeronáutico.

Tipos e Classificações de Sistemas

Os sistemas de geração local de energia podem ser classificados conforme o tipo e classe do equipamento de geração. Um equipamento pode ser classificado como "Standby", "Prime" ou "Contínuo", se utilizado para geração de energia "standby", "prime" ou "contínua", respectivamente. É muito importante compreender como são definições as classificações para a aplicação do equipamento. Para maiores informações, consulte a seção "Diretrizes de Classificação de Energia de Grupos Geradores" mais adiante. O tipo do sistema de geração, e a escolha da classificação mais apropriada a ser utilizada dependem do tipo de aplicação. Consulte a **Tabela 2-1** e os descritivos a seguir.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

Sistemas de emergência: Em geral, os sistemas de emergência são instalados, por imposição legal, e em conformidade com as diretrizes estabelecidas pelos departamentos de segurança pública. Normalmente eles se destinam ao fornecimento de energia e iluminação durante curtos períodos de tempo, com os três seguintes propósitos: permitir a evacuação segura de edifícios, evitar que falte energia elétrica para sistemas de suporte à vida e equipamentos para pessoas que requerem cuidados especiais, e evitar que falte energia elétrica para sistemas críticos de telecomunicações e em locais usados por serviços de segurança pública. Em geral, requisitos estabelecidos em normas técnicas especificam o equipamento e a carga mínima necessários.

Sistemas de energia "standby" exigidos por lei: Em geral, os sistemas de energia "standby", exigidos por lei, são instalados por imposição dos departamentos de segurança pública. Estes sistemas normalmente destinam-se ao fornecimento de energia e iluminação por curtos períodos de tempo, onde necessário, para evitar acidentes ou facilitar as operações de combate a incêndios. Em geral, as exigências normativas especificam o equipamento e a carga mínima necessários.

Sistemas de energia "standby" opcionais: Em geral, os sistemas "standby opcionais" são instalados onde a segurança não é um fator fundamental, entretanto, a falta de energia pode causar perdas de negócios, perdas de receita, interrupção de processos críticos, causar inconveniências ou desconfortos. Estes sistemas, normalmente, são instalados em centros de processamento de dados, fazendas, edifícios comerciais/ industriais e residências. O proprietário do sistema pode selecionar as cargas a serem conectadas ao sistema.

Além de proporcionar uma fonte de energia "standby" nos casos em que ocorre a de falta no fornecimento de energia pela rede pública de eletricidade, os sistemas de geração local também são utilizados para os seguintes objetivos:

Energia "Prime": Os sistemas de energia "prime" utilizam a geração local de energia ao invés de utilizar a energia fornecida pela rede pública em áreas onde os serviços da empresa distribuidora de energia não estejam disponíveis. Um sistema simples de energia "prime" utiliza pelo menos dois grupos geradores e uma chave comutadora para transferir a energia para as cargas conectadas a eles. Um dos grupos geradores funciona continuamente, com uma carga variável, enquanto o outro serve como reserva para o caso de eventuais quedas de energia, bem como, para permitir o desligamento do primeiro grupo gerador para trabalhos de manutenção. É possível utilizar um relógio (temporizador) na chave comutadora para efetuar a alternância entre os grupos geradores em intervalos de tempo predeterminados.

Operação durante picos de consumo de energia: Este tipo de instalação permite que se use a geração local de energia elétrica durante os picos de consumo, de modo a reduzir ou nivelar o consumo da eletricidade proveniente da rede pública durante estes períodos, com o objetivo de economizar dinheiro durante os picos de demanda de energia. Este tipo de sistema precisa de um controlador que dê a partida e acione o grupo gerador local nos momentos apropriados, para nivelar os picos de demanda do usuário. Os geradores instalados para produzir energia "standby" também podem ser usados para esta finalidade.

Redução de custos: As instalações para a redução de custos no consumo de energia utilizam a geração local de energia elétrica em conformidade com os contratos de preços de energia mantidos com a empresa distribuidora de energia elétrica. Geralmente, em troca de preços mais favoráveis para a energia da rede pública, o usuário concorda em utilizar os geradores e contrata uma quantidade específica de carga (kW) por períodos de tempo determinados pela concessionária. E, normalmente, não podendo exceder um determinado limite de horas por ano. A geração instalada para fins de energia "standby" também pode ser utilizada para redução de custos.

Carga básica contínua: As instalações para fornecimento de uma "carga básica contínua" utilizam a geração local de energia elétrica para um consumo constante de potência (kW). Em geral, estas instalações são de propriedade das empresas de distribuição energia elétrica ou estão sob seu controle.

Co-geração de energia: Freqüentemente, os equipamentos para geração de uma "carga básica contínua" podem ter seu uso extendido para uma modalidade denominada co-geração. Em termos mais simples, a co-geração corresponde ao uso simultâneo da energia elétrica produzida em um grupo gerador, assim como, o uso do calor irradiado pelo escapamento. O calor irradiado pelo escapamento (que é normalmente desperdiçado) é recapturado e utilizado diretamente para aquecimento, ou então, é convertido em eletricidade.

	Classificação do Grupo Gerador		
Tipo de Sistema	**Standby**	**Prime**	**Contínua**
	Emergência	Energia Prime	Carga Básica
	Standby legalmente exigidos	Corte de Pico	Co-geração
	Standby Opcional	Redução de Custos	

Tabela 2-1. Classificação e tipos de sistemas

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

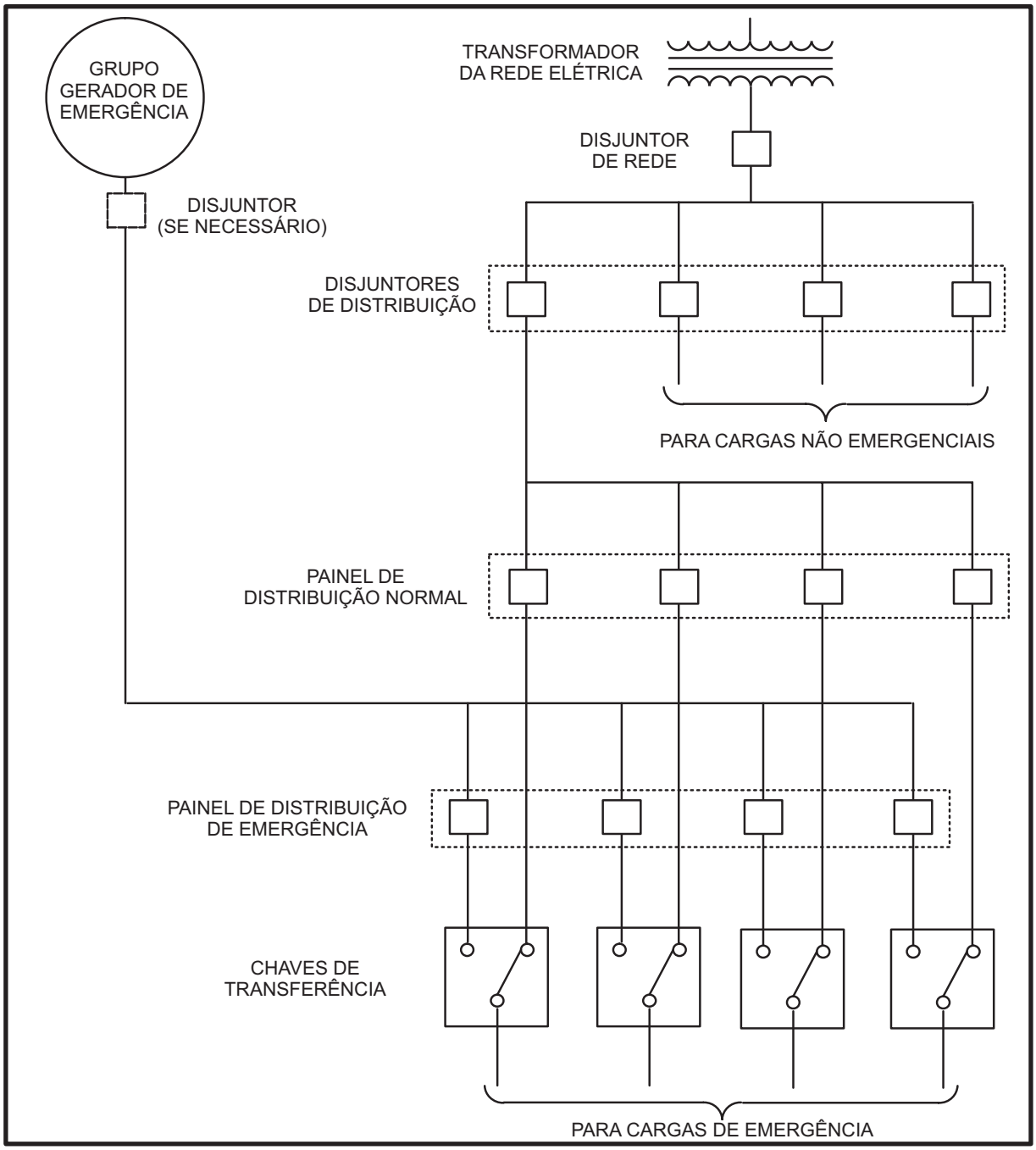


Figura 2-1. Típico diagrama unifilar para um sistema de distribuição de energia elétrica

Diagrama elétrico "unifilar"

Um diagrama elétrico unifilar é um recurso importante para se entender o sistema e o arranjo das conexões elétricas. Ele pode ser especialmente importante para transmitir informações durante o planejamento, a instalação, a partida inicial e/ou a manutenção do sistema. Estes diagramas evidenciam os principais componentes tais como geradores, equipamentos de comutação de energia, relés de proteção, proteção contra sobrecorrentes e o esquema geral de conexões. Um diagrama unifilar para a instalação elétrica deve ser definido o quanto antes possível, durante o planejamento da instalação, para auxiliar no projeto do sistema. A **Figura 2-1** apresenta um típico diagrama unifilar para um sistema básico de geração de energia.

Diretrizes para classificação de grupos geradores (potência)

A classificação de um grupo gerador (segundo sua potência nominal) é especificada pelo fabricante[1]. Esta classificação estabelece as condições de carga máxima permitida para um grupo gerador. O grupo gerador apresentará um desempenho e uma vida vida útil (tempo entre revisões) adequados sempre que usado de acordo com a sua classificação. Além disso, é importante fazer com que um grupo gerador seja utilizado para alimentar a sua carga mínima necessária, de modo a atingir sua temperatura normal de funcionamento e a sua taxa normal de consumo do combustível. A Cummins Power Generation recomenda que um grupo gerador funcione com, pelo menos, 30% da classificação indicada na sua plaqueta de identificação.

Os tópicos a seguir descrevem as várias classificações utilizadas pela Cummins Power Generation. As **Figuras 2-2 até 2-5** apresentam os níveis de carga (P1, P2, P3, etc.) e os intervalos de tempo permitidos (T1, T2, T3, etc.) para cada um destes níveis conforme as várias classificações.

Classificação "Energia Standby"

A classificação "Energia Standby" é usada para definir aplicações de emergência onde a energia é fornecida durante uma interrupção no fornecimento pela fonte de energia usual (rede pública de energia). Para esta classificação, não se admite qualquer valor para capacidade de sobrecarga sustentada (Equivalente à Energia de Parada por Falta de Combustível de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514). Esta classificação é aplicada apenas para instalações servidas por uma fonte usual e confiável de energia e cargas variáveis que apresentem um fator médio de consumo de carga correspondente à 80% da classificação "standby" durante um período de tempo máximo de 200 horas de operação por ano, ou, por um período de tempo máximo de 25 horas por ano, com consumo de carga correspondente à 100% de sua classificação "standby".

Em instalações nas quais há grande probabilidade do tempo de operação exceder 200 horas por ano com carga variável, ou, 25 horas por ano com um consumo de carga correspondente à 100% da classificação nominal, deve-se aplicar a classificação "Energia Prime".

A classificação "Energia Standby" é utilizada somente para definir aplicações "de emergência" e "standby", nas quais o grupo gerador serve como uma reserva ("*backup*") para a fonte usual de energia. Para esta classificação, **não é permitida** qualquer operação sustentada em paralelo com a fonte usual de energia.

Para aplicações que exigem operação sustentada em paralelo com a fonte usual de energia, devem ser utilizadas as classificações "Energia Prime" ou "Carga Básica".

Classificação "Energia Prime".

A classificação "Energia Prime" é usada para definir as situações nas quais o fornecimento de energia elétrica pelo grupo gerador substitui a energia adquirida da empresa distribuidora. O número de horas de operação permitido por ano é "ilimitado" para aplicações com "carga variável", porém, é "limitado" para aplicações com "carga constante", conforme descrito abaixo. (Equivalente da classificação "Energia Prime" de acordo com a norma ISO8528 e da classificação "Energia de Sobrecarga" de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514.)

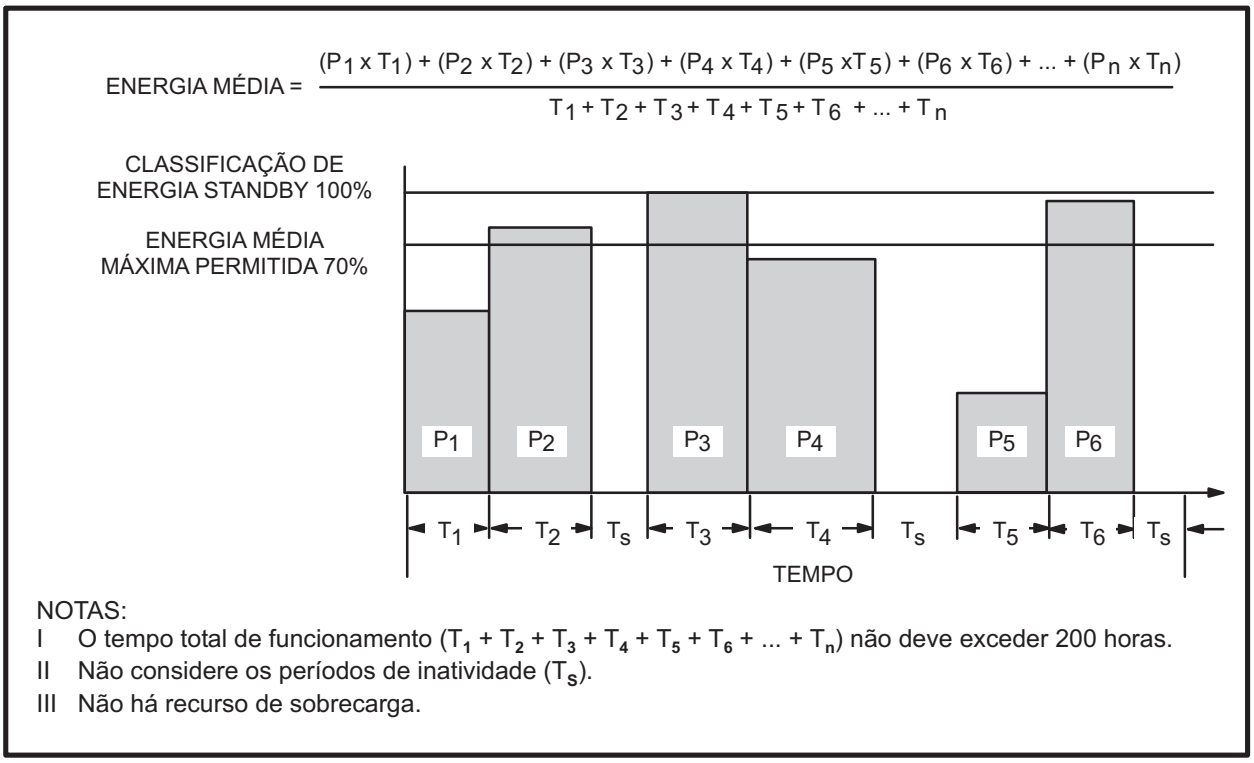
"Energia Prime" com tempo ilimitado de funcionamento.

A classificação do tipo "Energia Prime" permite que o grupo gerador esteja disponível por um número "*ilimitado*" de horas de operação, ao ano, em aplicações com "*carga variável*". Aplicações que exijam qualquer operação em paralelo com a fonte usual de energia, com carga constante, estão sujeitas à limitações de tempo de funcionamento. Em aplicações com carga variável, o fator de carga médio não deve exceder 70% da Classificação de "Energia Prime". Uma capacidade de sobrecarga de 10%, é admissível, por um período máximo de 1 hora para cada de um período de 12 horas de operação, porém, não deverá exceder 25 horas ao ano. O tempo total de operação na classificação "Energia Prime" não deve exceder 500 horas por ano.

"Energia Prime" com tempo de funcionamento limitado.

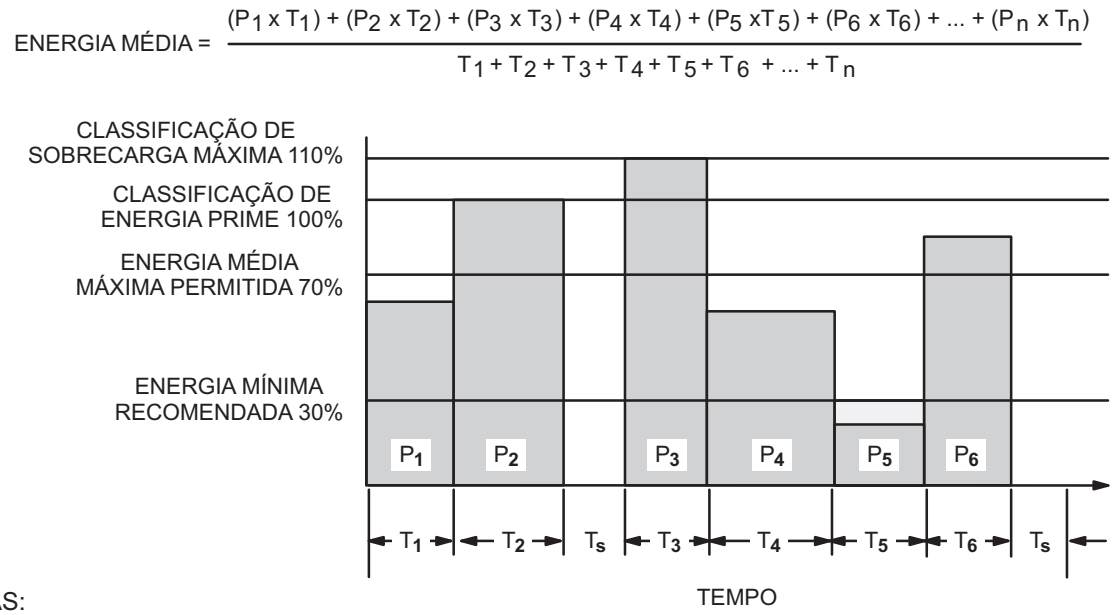
A classificação do tipo "Energia Prime" permite que o grupo gerador esteja disponível por um número "*limitado*" de horas de operação, ao ano, em aplicações com "*carga constante*", tais como, energia interrompível, redução de carga, corte de pico e outras aplicações que, em geral, envolvem a operação em paralelo com a fonte usual de energia. Os grupos geradores podem operar em paralelo com a fonte usual de energia durante até 750 horas por ano, em valores de potência que não excedam a classificação de "Energia Prime". Deve-se ressaltar que a vida útil do motor será reduzida caso seja utilizado de modo constante para alimentar altos valores de carga. Qualquer aplicação que exija mais de 750 horas de operação por ano conforme os parâmetros da classificação "Energia Prime", deverá, ao invés disso, utilizar a classificação "Energia de Carga Básica".

1) As classificações para grupos geradores da Cummins Power Generation são publicadas no pacote de software Power Suite.



NOTAS:
I O tempo total de funcionamento ($T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + ... + T_n$) não deve exceder 200 horas.
II Não considere os períodos de inatividade (T_s).
III Não há recurso de sobrecarga.

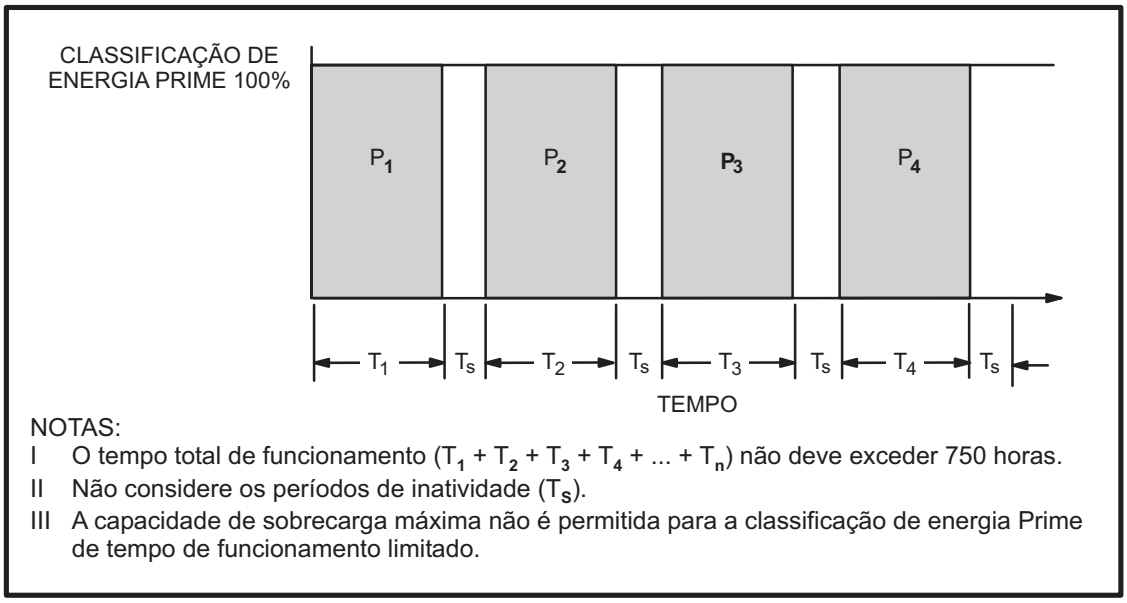
Figura 2-2. Classificação “Energia Standby”


ENERGIA MÉDIA = (P1 x T1) + (P2 x T2) + (P3 x T3) + (P4 x T4) + (P5 xT5) + (P6 x T6) + ... + (Pn x Tn) / T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + ... + Tn
CLASSIFICAÇÃO DE SOBRECARGA MÁXIMA 110%
CLASSIFICAÇÃO DE ENERGIA PRIME 100%
ENERGIA MÉDIA MÁXIMA PERMITIDA 70%
ENERGIA MÍNIMA RECOMENDADA 30%
P1
P2
P3
P4
P5
P6
T1
T2
Ts
T3
T4
T5
T6
Ts
TEMPO

NOTAS:
I Considere cargas de menos de 30% como 30% (P_5).
II Não considere os períodos de inatividade (T_s)
III O número total de horas por ano na ou acima da Classificação de Energia Prime (P_3 e P_3) não deve exceder 500 horas.

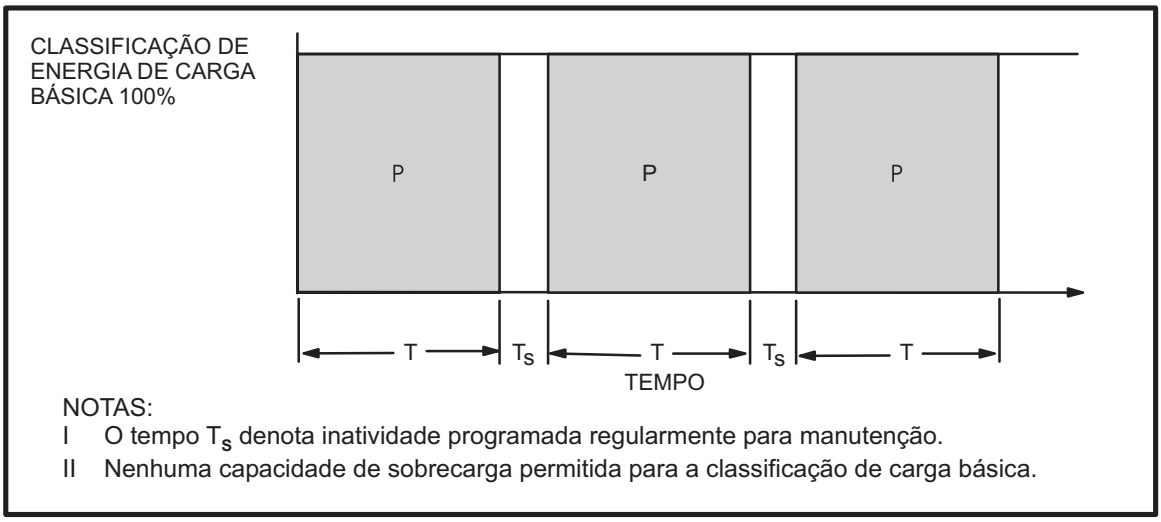
Figura 2-3. “Energia Prime”, funcionamento por tempo ilimitado

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)



NOTAS:
I O tempo total de funcionamento ($T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + ... + T_n$) não deve exceder 750 horas.
II Não considere os períodos de inatividade (T_S).
III A capacidade de sobrecarga máxima não é permitida para a classificação de energia Prime de tempo de funcionamento limitado.

Figura 2-4. "Energia Prime", funcionamento por tempo limitado



NOTAS:
I O tempo T_S denota inatividade programada regularmente para manutenção.
II Nenhuma capacidade de sobrecarga permitida para a classificação de carga básica.

Figura 2-5. Classificação "Energia de Carga Básica"

Classificação "Energia de Carga Básica" (Classificação "Energia Contínua")

A classificação "Energia de Carga Básica" aplica-se ao fornecimento contínuo de energia para uma carga de até 100% da classificação básica, por um número ilimitado de horas. Não é especificada qualquer capacidade de sobrecarga sustentada disponível para esta classificação. (Equivalente à "Energia Contínua" de acordo com as normas ISO8528, ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514). Esta classificação aplica-se para a operação de carga básica pela fonte usual de energia. Neste tipo de aplicação, os grupos geradores são conectados em paralelo com a fonte usual de energia e trabalham sob carga constante por longos períodos de tempo.

Dimensionamento

Com o propósito de orçar os custos do projeto, é essencial, fazer um levantamento razoavelmente preciso de todas as cargas, o mais cedo possível. Caso todas as informações sobre os equipamentos (as cargas) não estiverem disponíveis desde o início do projeto, será preciso fazer estimativas e suposições para os cálculos do dimensionamento inicial. Esses cálculos deverão ser refeitos à medida que sejam obtidas informações mais precisas. Grandes cargas, tais como, motores, sistemas de fornecimento ininterrupto de energia (UPS), acionadores de freqüência variável (VFD), bombas de água para combate a incêndios e equipamentos de diagnóstico por imagem têm uma importância considerável no dimensionamento do grupo gerador e devem ser avaliadas com atenção.

Especificações técnicas "precisas" sobre o desempenho de transiente, queda de tensão/freqüência e tempos de retomada, durante a partida de motores (carga), assim como, sobre a aceitação de carga em blocos também têm uma importância considerável no dimensionamento. Consulte a seção 3*, "A Influência das Cargas Elétricas no Dimensionamento do Grupo Gerador",* neste manual, para maiores informações sobre os cálculos de dimensionamento e as informações necessárias sobre os diferentes tipos de carga.

Para permitir algumas estimativas preliminares, devem ser utilizadas algumas regras básicas:

- Motores - 1/2 HP por kW.
- UPS - 40% de superdimensionamento para 1Ø e 6 pulsos, ou 15% de superdimensionamento para 6 pulsos com filtros de entrada e UPS de 12 pulsos.
- VFD - 100% de superdimensionamento exceto para modulação de largura de pulso, e então 40% de superdimensionamento.

Durante a conexão das cargas ao grupo gerador, é recomendável que elas sejam conectadas em etapas, divididas em agrupamentos ou blocos de carga. Este procedimento poderá exigir menos esforço do grupo gerador e não exigirá um equipamento superdimensionado. O uso de várias chaves comutadoras ou de algum outro dispositivo (relés de retardo de tempo, PLC, etc.) será necessário para que a tensão e a freqüência do grupo gerador se estabilizem entre as etapas de conexão dos blocos de carga.

Dependendo do valor da carga total (geralmente acima de 500 kW), pode ser vantajoso o uso de grupos geradores conectados em paralelo. Embora tecnicamente exeqüível, o uso de grupos geradores em paralelo não é economicamente aconselhável quando a carga total for menor ou igual a 300 kW.

Considerações - Local da instalação

Uma das primeiras decisões referentes ao projeto será determinar se o grupo gerador ficará localizado dentro ou fora de uma construção (edifício), em um abrigo ou em gabinete carenado.

O custo total e a facilidade da instalação do sistema de energia elétrica dependem do planejamento e da localização física de todos os elementos do sistema - grupo gerador, tanques de combustível, dutos e venezianas de ventilação, acessórios, etc. Considere os seguintes fatores tanto para a instalação interna quanto externa:

- Montagem do grupo gerador.
- Localização do quadro de distribuição e das chaves comutadoras de transferência.
- Ramificações dos circuitos para aquecedores de líquido de arrefecimento, carregador de bateria, etc.
- Segurança contra inundações, incêndios, formação de gelo e vandalismo.
- Contenção de derramamento acidental ou vazamento de combustível ou de líquido de arrefecimento.
- Possibilidade de danos simultâneos nos serviços da fonte normal e de emergência.
- Facilidade de acesso para manutenção e inspeções.
- Facilidade de acesso e espaço de trabalho para grandes reparos ou remoção/substituição de peças.
- Facilidade de acesso para teste de carga quando requerido para manutenção, dimensionamento apropriado ou código.

Considerações - Instalação em local externo

- Emissão de ruídos e atenuação dos níveis de ruído. Barreiras de som podem ser requeridas. Além disso, uma distância grande entre o grupo gerador e a área sensível a barulho diminuirá o barulho percebido. Carenagens acústicas estão frequentemente disponíveis e podem ser requeridos para satisfazer as necessidades dos clientes ou regulamentações locais de barulho.
- Carenagem de proteção contra intempéries, como o próprio nome sugere, oferece uma proteção contra fatores climáticos, mas pode também fornecer um certo grau de segurança para o grupo gerador, ou mesmo, um acabamento estético para a instalação.
- Dar a partida num grupo gerador, fazê-lo aceitar carga, dentro de intervalos de tempo específicos, e, em baixas temperaturas ambientes pode representar um problema. Sistemas de emergência definidos por normas técnicas exigem que a temperatura ambiente ao redor do grupo gerador seja mantida em níveis adequados. Exemplo disso é a norma NFPA110, que requer uma temperatura mínima de 40°F (4°C) ao redor do grupo gerador, ou a norma CSA 282 que requer uma temperatura mínima de 10°C (50°F).

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

Atender a estes requisitos de temperatura mínima em espaço confinado ("*capa justa*") ou algum outro tipo de carenagem pode ser difícil ou mesmo impossível. Uma carenagem com isolamento térmico ou, talvez, aquecida pode ser necessária. Uma carenagem projetada especificamente para a redução de ruídos irá conter material isolante, todavia, pode não fornecer o isolamento térmico necessário. Carenagens inteiriças ou aquelas grandes o suficiente para que se possa entrar, e trabalhar, dentro delas; em geral, já vem equipadas com isolamento, sistemas de venezianas motorizadas ou acionadas pela gravidade, e mesmo aquecedores, se necessário.

- Vários dispositivos auxiliares de aquecimento podem ser necessários para dar a partida ou aceitação de carga, mesmo que a aplicação não seja do tipo sistema de emergência. Aquecedores para o líquido de arrefecimento, para as baterias, e mesmo para o óleo podem ser necessários. Para maiores informações, consulte o ítem "*Dispositivos de Aquecimento Standby para Grupos Geradores*", na seção 4, "*Seleção do Equipamento*".
- Condicionamento de combustível e aquecimento. Nos locais com baixas temperaturas ambientes o óleo diesel usado como combustível se tornará mais viscoso, tornando-se turvo, podendo entupir os filtros e bombas, ou não fluirá adequadamente pelas tubulações. Misturas de combustíveis são frequentemente usadas para resolver este problema, no entanto, o aquecimento do combustível pode ainda ser necessário para uma operação confiável.
- A maresia em regiões litorâneas pode causar problemas de corrosão nos grupos geradores instalados em carenagens de aço expostas ao ar livre, plataformas e tanques de combustível. Considera-se uma prática apropriada de instalação o uso de uma carenagem opcional de alumínio, quando oferecida pela CPG, devido à resistência extra contra corrosão.

  Isso é considerado necessário para aplicações externas em regiões litorâneas, ou seja, locais a menos de 60 milhas de distância do mar.
- Os pontos de acesso para manutenção ou para reparos maiores, substituição de componentes (como o radiador ou o alternador), ou revisões, devem ser levados em consideração durante o projeto da carenagem e na instalação do grupo gerador próximo a outros equipamentos ou estruturas. Caso um serviço de manutenção mais demorado seja necessário (pelos motivos de um grande número de horas de operação ou falha/dano em algum componente grande do grupo gerador), os pontos de acesso serão muito importantes. Estes pontos de acesso incluem coberturas, paredes de proteção removíveis, distanciamento adequado das estruturas próximas, e facilidade de acesso para os equipamentos de manutenção e reparos.
- Cercas de segurança e barreiras visuais.
- Distâncias de propriedades.
- O escapamento do motor deve ser direcionado para longe de sistemas de ventilação ou aberturas de edifícios próximos.
- Aterramento - Podem ser necessários eletrodos e cabos de aterramento para o equipamento (grupo gerador).
- Instalação de sistema para proteção contra raios.

Considerações - Instalação em local interno

- Recinto reservado para o gerador - Para aplicações do tipo "Standby", certas normas de segurança podem exigir que a sala do gerador seja reservada exclusivamente para este propósito. Considere também o efeito que uma grande área ventilada teria em outro equipamento instalado na mesma sala, como por exemplo um equipamento de aquecimento do edifício.
- Classificação de segurança contra incêndios para a construção do recinto - Normalmente, as normas de segurança especificam que o recinto do grupo gerador tenha uma classificação de resistência ao fogo de, no mínimo, 1 a 2 horas. Consulte as autoridades locais para se informar sobre requisitos pertinentes.
- Área de trabalho - Usualmente, o espaço livre (área de trabalho) ao redor de equipamentos elétricos é especificada por normas técnicas. Na prática, deve haver pelo menos 1m (3 pés) de espaço livre em torno de cada grupo gerador. A substituição do alternador deve ser feita sem a necessidade de remoção de todo o conjunto ou de qualquer acessório. Além disso, o projeto da instalação deverá prever o acesso para grandes trabalhos (por exemplo, o recondicionamento ou substituição de componentes, como um radiador).
- Tipo do sistema de arrefecimento - Recomenda-se o uso de um radiador montado na fábrica, todavia, o ventilador do radiador pode criar uma pressão negativa significativa dentro do recinto. As portas de acesso devem, portanto, abrir para dentro do recinto ou possuirem venezianas; de modo que possam ser abertas quando o grupo gerador estiver funcionando. Consulte o ítem "Arrefecimento do Gerador", na seção *"Projeto Mecânico"*, para as detalhes adicionais sobre o arrefecimento.
- A ventilação no recinto do equipamento envolve grandes volumes de ar. Num projeto ideal de sala, o ar é sugado diretamente do exterior e expelido para fora, pela parede oposta. Para configurações opcionais de arrefecimento de grupos geradores que envolvam trocadores de calor ou radiadores remotos, serão necessários ventiladores para a ventilação da sala.

- Escape do motor - A saída de escape do motor deverá ser instalada tão alto quanto possível, e, situada num local à favor dos ventos dominantes (ou seja, o vento deve levar os gases de escape para longe das construções) evitando que os gases sejam aspirados pelos sistemas de ventilação ou entrem pelas aberturas do edifício.
- Armazenamento e tubulações de combustível - As normas de segurança locais podem especificar os métodos de armazenamento de combustível dentro de edifícios e restringir as quantidades armazenadas. Uma consulta prévia ao representante local da Cummins Power Generation ou ao comando local do Corpo de Bombeiros é recomendável. Será necessário providenciar um ponto de acesso para o reabastecimento dos tanques de armazenamento. Consulte o ítem *"Considerações de Escolha do Combustível"*, a seguir.
- Recomenda-se que o sistema de distribuição elétrica seja provido de recursos para conectar o grupo gerador à um banco de cargas temporário.
- A instalação do grupo gerador dentro de uma construção (edifício) deve ser feita de tal forma que permita o acesso para a entrega e instalação do produto, assim como, posteriormente, permita o acesso para reparos e manutenção. A localização mais lógica para um grupo gerador dentro de um edifício, com base nestas considerações, é no andar térreo, próximo a um estacionamento ou pista de acesso, ou em um estacionamento aberto. Dado que estas costumam ser áreas nobres de um edifício, caso seja necessário outro local, lembre-se que podem ser necessários equipamentos pesados para a descarga e grandes trabalhos de manutenção na unidade. Além disso, são necessárias as entregas de combustível, de líquido de arrefecimento, de óleo, etc., em intervalos regulares de tempo. Provavelmente, deverá ser projetado um sistema de suprimento de combustível com tanques de abastecimento, bombas, tubulações, tanques diários, etc., todavia, as trocas de óleo lubrificante e do líquido de arrefecimento poderão ser dificultadas caso tenham de ser transportados manualmente em barris ou baldes.
- As instalações sobre lajes, embora sejam comuns, exigem um planejamento complementar e avaliações cuidadosas sobre o projeto estrutural. As vibrações e o armazenamento/entrega do combustível podem ser problemáticos em instalações deste tipo.
- Instalação em locais internos, em geral, requerem um recinto exclusiva provido de estruturas à prova de fogo. Fornecer um fluxo de ar para o interior do recinto também pode ser um problema. Em geral, não é permitido o uso de bloqueadores de incêndio dentro dos dutos de ventilação. O ideal é que o recinto seja construído com duas paredes externas, opostas uma à outra, de forma que o fluxo do ar de entrada flua sobre o grupo gerador e seja levado para fora através da parede oposta, no lado do radiador da unidade.

As instalações do gerador tendem a enfrentar uma grande variedade de condições climáticas. Embora o equipamento seja projetado para para funcionar eficazmente na maioria destas condições, existem algums fatores a serem a serem considerados em relação às condições climáticas adversas. Por exemplo:

Ambientes Litorâneos:

- A salinidade do ar e condensação devido à alta umidade do ar podem exigir maior atenção.
- Aquecedores para o alternador são obrigatórios em ambientes úmidos para manter a umidade fora. Eles não são um acessório "exclusivo para climas frios".
- É importante evitar o acúmulo de água (umidade condensada) ao redor do gerador. Um projeto especial de clarabóia ou um defletor deve ser utilizado para garantir a vida útil e o desempenho do grupo gerador.
- Consulte o ítem "Condicionamento de ambientes", depois da seção 4-3, neste manual.

Ambientes Áridos/Empoeirados:

- O recinto do grupo gerador deve ser mantido livre de pó e sujeira. Partículas de areia e pó também podem prejudicar a manutenção e o funcionamento do gerador. Equipamentos de proteção, tais como, filtros de tela para o sistema de ventilação do equipamento são recomendados. Isto pode prevenir os danos causados pelo impacto de partículas de areia em alta velocidade, contra partes do equipamentos, enquanto elas fluem sobre o gerador e através do radiador. Note que estes filtros aumentam a resistência ao fluxo de ar da ventilação e, portanto, fazem com que sejam necessárias aberturas maiores para a entrada e saída do ar no local de instalação. O valor total da resistência ao fluxo de ar, incluindo aquela devida aos filtros, deve permanecer abaixo da resistência máxima permitida, listada nas informações técnicas do grupo gerador.
- Se forem instalados filtros no sistema de ventilação, também deve ser usado um sistema para detectar o entupimento destes filtros. Devem ser instalados instrumentos para monitorar as condições dos filtros e detectar eventuais entupidos. Por exemplo, podem ser instalados indicadores de queda de pressão no sistema de ventilação do recinto. Outras alternativas de monitoramento também podem ser viáveis.
- Em locais empoeirados, o espaçamento entre as aletas na colméia do radiador e o seu número de lâminas são características importantes a serem avaliadas. Um radiador com grande número de aletas por polegada é inadequado para uso em locais sujos (empoeirados, arenosos, etc). Colméias de radiador que possuam um espaçamento muito justo entre as aletas podem acumular resíduos e isso pode reduzir o desempenho do radiador.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

Um espaçamento maior permitirá que grãos de areia, pequenas partículas de sujeira, etc. passem através da colméia sem ficarem presos.

- O sistema de refrigeração deve ser dimensionado com uma capacidade de refrigeração de 115% (ou seja, superdimensionado, com 15% a mais de capacidade) em relação ao exigido pelo grupo gerador. Isso deve evitar a degradação do sistema. Sempre que for limpo, conforme os métodos e com a frequência recomendados pelo fabricante, a capacidade de 100% refrigeração deve ser obtida facilmente. Isso é especialmente importante no caso dos grupos geradores instalados em ambientes empoeirados/sujos.
- Todos os cuidados devem ser tomados, também, para manter o combustível diesel livre de qualquer material contaminante.

Altitude:

- Quanto maior a altitude, menor será a densidade do ar. Em grandes altitudes, ou seja, locais com ar rarefeito, a baixa densidade do ar piora o desempenho dos motores, alternadores, sistemas de arrefecimento, etc. Consulte os manuais técnicos do modelo específico de grupo gerador, para obter informações mais precisas sobre a queda no desempenho.
- Os alternadores que geram médias e altas tensões não devem ser usados acima de determinadas altitudes para evitar descargas elétricas do tipo "Efeito Corona". Entre em contato com o distribuidor local Cummins para se informar sobre os equipamentos mais recomendadas para o seu local de trabalho.

Considerações sobre a escolha do combustível

A escolha do tipo de combustível: gás natural, diesel ou GLP, irá influenciar a disponibilidade e o dimensionamento do grupo gerador. Considere os seguinte fatores:

Combustível Diesel

- O combustível diesel é recomendado para aplicações "de emergência" e "standby". Para obter um bom desempenho de partida e máximizar a vida útil do motor, recomenda-se o combustível diesel ASTM D975 Grau No. 2-D. Consulte o distribuidor do fabricante do motor sobre o uso de outros graus de diesel combustível para diferentes motores.
- O projeto de toda a instalação também deve incluir o projeto de um local para o armazenamento do combustível, entretanto o tanque não deve ser grande demais. O diesel combustível pode ser armazenado por um período de até dois anos, por este motivo o tanque de suprimento deve ser dimensionado para permitir o reabastecimento de combustível com base na programação de exercícios e testes nesse período. Pode ser necessário adicionar um bactericida (substância para evitar a proliferação de microorganismos no diesel) caso a freqüência de reabastecimento seja baixa, ou, caso as condições ambientais (como a elevada umidade do ar) favoreçam o crescimento de microorganismos no combustível. Os microorganismos podem obstruir os filtros de combustível, afetar o funcionamento do motor ou até mesmo danificá-lo.
- Climas frios - Em climas frios deve ser usado um combustível Premium de Grau 1-D quando a temperatura ambiente estiver abaixo do ponto de congelamento. Pode ser necessário utilizar um sistema de aquecimento do combustível para evitar a obstrução dos filtros de combustível quando a temperatura cair abaixo do "ponto de névoa do combustível": cerca de -6°C (20°F) para combustíveis Grau 2-D, e, -26°C (-15°F) para Grau 1-D.
- As normas ambientais para controle de emissões podem ser aplicáveis nestes casos. Consulte o ítem *"Considerações Ambientais"*.

Biodiesel

Os combustíveis denominados "biodiesel" são obtidos de uma grande variedade de fontes renováveis, tais como, óleos vegetais, gorduras animais e óleos de cozinha, etc. Em geral, estes combustíveis são denominados Ésteres Metil-Ácido-Graxos (FAME). Normalmente, quando usados em motores diesel, a emissão de fumaça, a potência e a economia de consumo são reduzidas. Embora a emissão de fumaça seja reduzida, o efeito em outras emissões pode variar, ou seja, pode haver a redução de alguns poluentes e o aumento de outros. O biodiesel é um combustível alternativo, portanto, ao se utilizar este combustível, o desempenho do motor e as emissões de poluentes não podem ser os mesmos garantidos pelo fabricante[2].

Uma mistura dos combustíveis diesel e biodiesel, numa proporção inferior a 5% do volume não deverá causar qualquer problema grave. Concentrações acima de 5% podem causar diversos problemas operacionais. A Cummins não aprova nem desaprova o uso de misturas de combustíveis do tipo diesel + biodiesel. Consulte a Cummins para obter maiores informações.

2) A Cummins Power Generation não assume qualquer responsabilidade de garantia sobre reparos ou aumento de custos decorrentes do uso de biodiesel combustível.

Gás natural

- Para a maioria das instalações, o armazenamento não deve ser feito no local (deve-se usar gás encanado).
- O gás natural pode ser uma opção econômica de combustível, contanto que esteja disponível nos valores de fluxo e pressão exigidos para o grupo gerador.
- Um suprimento de reserva de GLP combustível pode ser necessário para sistemas de fornecimento de energia elétrica de emergência.
- O gás natural "bruto" (ou seja, captado diretamente de sua fonte natural) pode ser utilizado por alguns grupos geradores. Entretanto, é necessário que sejam feitas análises deste combustível, assim como, o fabricante do motor deve ser consultado para determinar se haverá o despotenciamento ou se a composição deste combustível poderá causar danos ao motor devido à fraca combustão, detonação ou corrosão.
- Ocasionalmente, algumas empresas distribuidoras de gás adicionam butano ao gás natural para manter a pressão da linha. Poderão ocorrer danos ou mesmo a detonação do motor caso se utilize gás natural aditivado com butano. Os motores a gás natural requerem tubulações limpas e secas, gás de qualidade para gerar a potência nominal e assegurar uma vida útil ideal ao motor.
- A estabilidade de freqüência de grupos geradores com motores de ignição por vela pode não ser tão boa quanto a dos grupos geradores com motores diesel. Uma boa estabilidade de freqüência é importante na alimentação de cargas UPS.
- Climas frios - Em geral, à temperaturas ambientes abaixo de -7°C (20°F), os motores com ignição por vela, conseguem dar a partida com mais facilidade e aceitam carga mais rapidamente do que os motores diesel.

NOTA: A Cummins Power Generation não recomenda o uso de gás natural em tubulação de alta pressão (34 kPa [5 psig] ou mais) em edifícios.

GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)

- A disponibilidade local de GLP deverá ser investigada e confirmada antes de se optar por um grupo gerador com motor movido a GLP.
- Devem ser tomadas providencias para o armazenamento local deste combustível. O GLP pode ser armazenado por tempo indefinido.
- A estabilidade de freqüência da tensão produzida por grupos geradores que utilizam motores com ignição a vela pode não ser tão boa quanto a dos grupos geradores que utilizam motores a diesel. Este é um fator importante que deve ser levado em consideração no caso da alimentação de cargas UPS.
- Para utilização em climas frios, o tanque de armazenamento de GLP deve ser dimensionado de modo a fornecer a taxa necessária de evaporação mesmo na mais baixa temperatura ambiente esperada. Caso isso não seja possível, deverá ser providenciada a retirada de líquido com um aquecedor de vaporização.

NOTA: A Cummins Power Generation não recomenda o uso, em edifícios, GLP líquido ou vapor, em tubulações de alta pressão (138 kPa [20 psig] ou mais).

Gasolina

A gasolina não é um combustível adequado para grupos geradores "standby" estacionários devido à sua volatilidade e prazo de validade.

Alternativas de combustível em substituição ao diesel 2-D

Em geral, os motores a diesel podem funcionar utilizando outros tipos de combustível contanto que estes combustíveis apresentem a **lubricidade aceitável**. Isto será considerado aceitável durante os períodos em que o fornecimento do combustível diesel Nº 2-D esteja temporariamente limitado. O uso de combustíveis alternativos pode afetar a cobertura de garantia, o desempenho e as emissões do motor. Os combustíveis alternativos abaixo geralmente estão dentro dos limites prescritos:

- Combustível diesel 1-D e 3-D
- Óleo combustível de Grau 2 (combustível de aquecimento)
- Combustível para turbinas de aviões, Grau Jato A e Jato A-1 (combustível para jatos comerciais)
- Combustível para turbinas a gás para aplicações não aeronáuticas, Grau 1 GT e 2 GT
- Querosene Grau 1-K e 2-K

Considerações Ambientais

Veja a seguir uma breve abordagem sobre a avaliação dos problemas ambientais relacionados a ruídos, emissões de poluentes pelo escape e armazenamento de combustível. Consulte a seção *"Projeto Mecânico"* para maiores informações.

Ruídos e Controle de Ruídos

O controle de emissão de ruídos, se necessário, deve ser considerado desde o início do projeto preliminar. Em geral, os métodos de controle da emissão de ruídos resultam em um aumento de custos considerável e também aumentam a área física necessária para a instalação. Um grupo gerador é uma fonte complexa de geração de ruídos, que inclui ruídos do ventilador de arrefecimento, do motor e do escape. A eficiência de um sistema de controle de ruídos deve levar em conta todas essas fontes. Na maioria dos casos, os métodos recomendados para o controle de ruídos alteram ou redirecionam o caminho do ruído da fonte no grupo gerador até as pessoas que o ouvem. Simplesmente utilizar um silencioso crítico poderá ou não contribuir para reduzir o nível do ruído em um determinado local. Como os ruídos podem ser mais ou menos intensos em uma determinada direção, deve-se considerar com cuidado os aspectos de localização, orientação e distância do grupo gerador em relação aos limites ou locais da propriedade onde os ruídos possam ser um problema.

Legislação e normas técnicas sobre ruídos

Na América do Norte, existem regulamentações estaduais e municipais que estabelecem os níveis máximos de ruído para determinadas áreas. As normas municipais, em sua maioria, definem as regulamentações sobre o nível máximo de ruído permitido nos limites da propriedade. Veja na **Tabela 2-2** algumas regulamentações representativas sobre o nível de ruído externo. A conformidade com as normas sobre controle de ruídos requer um conhecimento do nível de ruído ambiental e o nível do ruído resultante com o grupo gerador funcionando a plena carga naquele ambiente.

As normas sobre controle de ruídos também existem para proteger a audição dos trabalhadores. As pessoas que trabalham em salas de gerador devem usar sempre proteção para os ouvidos enquanto um grupo gerador está funcionando.

Normas sobre emissões de escape de motores

Os grupos geradores, independentemente da aplicação, podem estar sujeitos às normas de controle de emissões de escape do motor em nível local, nacional, ou ambos. A conformidade com as normas de emissões geralmente requer permissões especiais. Certas localidades podem ter normas específicas exigindo o uso de motores alimentados a gás ou estratégias de pós-tratamento dos gases de escape para motores diesel. Ainda na fase inicial de qualquer projeto de instalação, verifique junto ao órgão municipal de controle da qualidade do ar as normas existentes de controle de emissões de poluentes.

A **Tabela 2-3** apresenta as emissões típicas de escape para aplicações "fora da estrada". Note que esses números de emissão correspondem aos limites máximos, baseados no teste de ciclo peso 5, e, não são representativos de emissões para qualquer nível específico de carga. Para obter os valores de emissões com cargas de 100%, 75%, 50% e 25%, favor consultar o seu distribuidor. Note também que os valores de emissão variam muito dependendo das condições do local, tais como, temperatura, umidade relativa do ar, qualidade do combustível, etc. Pode ser necessário o uso de fatores de correção adequados para se prever teóricamente os valores de emissões de uma instalação a partir de dados coletados em células de testes.

ZONAS DE RUÍDOS	PICO DIURNO dB(A)	PICO NOTURNO dB(A)	CONTÍNUO DIURNO dB(A)	CONTÍNUO NOTURNO dB(A)
Residencial – Urbana	62	52	57	47
Residencial – Suburbana	57	47	52	42
Suburbana Muito Calma ou Residencial Rural	52	42	47	37
Urbana – Próxima a Indústrias	67	57	62	52
Altamente Industrializada	72	62	67	57

Tabela 2-2. Níveis representativos de ruídos externos (na América do Norte).

Normas técnicas para o armazenamento de combustíveis

Em muitos locais, o projeto e a instalação de tanques de armazenamento de combustíveis são controlados por normas técnicas criadas, em geral, com dois objetivos: a proteção do meio ambiente e a proteção contra incêndios. Devido às regulamentações, cujas obrigações e isenções variam de acordo com o local, é necessário avaliar e compreender os requisitos específicos do local onde será feita a instalação.

Na América do Norte, as normas de proteção ambiental, em geral, são criadas pelos governos federal e estadual. Diferentes conjuntos de normas aplicam-se a tanques de armazenamento de combustível subterrâneos e superficiais. Essas normas técnicas aplicam-se aos procedimentos de projeto e construção, registro, testes dos tanques e detecção de vazamentos. Elas também especificam as características de projetos das carenagens, a preparação de planos de prevenção de vazamentos de combustíveis, provisões de fundos para cobertura securitária. Como regra geral, sujeita à verificação pelas autoridades locais, as excessões às normas são concedidas para tanques de armazenamento de diesel, subterrâneos ou superficiais, destinados à alimentação de grupos geradores de emergência nos seguintes casos: 1) Quando a capacidade dos tanques de armazenamento for igual ou inferior à 500 litros (1.320 galões), 2) Quando nenhum tanque isolado tiver capacidade superior a 250 litros (660 galões), e 3) Quando o combustível for consumido no próprio local da instalação (não distribuído).

Requisitos em **preto** são para motores nonroad (tratores, máquinas agrícolas, barcos, etc); requisitos em **vermelho** são para motores estacionários.

NOx / NMHC / CO / PM (g/kW-hr)
(NOx+NMHC) / CO / PM (g/kW-hr) [Conversão: (g/kW-hr) x 0.7457 = g/bhp-hr]

kW	(HP)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0 - 7	(0 - 10)		(7.5) / 6.6 / 0.40									
8 - 18	(11 - 24)											
19 - 36	(25 - 48)		(7.5) / 5.5 / 0.30					(4.7) / 5.0 / 0.03 Emergência: Permanecer no tier anterior				
37 - 55	(49 - 74)		Opt T4i 0.30 PM: 37-55 kW				Nota 6					
56 - 74	(75 - 99)		(4.7) / 5.0 / 0.40: 37-74 kW				3.4 / 0.19 / 5.0 / 0.02 Emergência: Tier 3			0.40 / 0.19 / 5.0 / 0.02 Emergência: Tier 3		
75 - 129	(100 - 173)	(4.0) / 5.0 / 0.30										
130 - 224	(174 - 301)	(4.0) / 3.5 / 0.20				2.0 / 0.19 / 3.5 / 0.02 Emergência: Tier 3			0.40 / 0.19 / 3.5 / 0.02 Emergência: Tier 3			
225 - 449	(302 - 602)	(4.0) / 3.5 / 0.20										
450 - 560	(603 - 751)	(4.0) / 3.5 / 0.20										
>560	(>751)	(6.4) / 3.5 / 0.20 Estacionário >3000 hp: Tier 3				3.5 / 0.40 / 3.5 / 0.10 *0.67 / 0.40 / 3.5 / 0.10* [a] Emergência: Tier 3				3.5 / 0.19 / 3.5 / 0.04 *0.67/ 0.19/ 3.5/ 0.03* [b] Emergência: Tier 3		
		T2	Tier 3			Tier 4 Interim			Tier 4 Final			

a. Se aplica a motores de geradores de potência não-emergência >900kW (>1207hp)
b. Se aplica a motores de geradores de potência não-emergência >560kW (>751hp)

(1) De acordo com opcional 'Opção 1' 0.30 g/kW-hr limite MP em 2008 permite atraso de 1 ano do T4 até 2013. Motores opção 1 em 2008 são motores T4i, não motores T3.
(2) Requisitos de bomba de incêndio para 2007 + geralmente com atraso de 3 anos.
(3) Motores ≥ 10 L/cyl devem seguir os requisitos do T2 marítimo de 40 CFR 94.8.
(4) Não há programa TPEM para motores em aplicações estacionárias.

Rev 14 Abril 2009

Tabela 2-3. Normas técnicas para motores estáticos, EPA CI NSPS (60.4201, 60.4202, 60.4202. 60.4202).

Mesmo quando uma instalação estiver isenta de atender a algumas normas técnicas, deve-se considerar que os custos para a limpeza de eventuais vazamentos de combustível podem ser muito altos. Isto é fato, mesmo no caso de pequenos vazamentos, derramamentos resultantes do preenchimento dos tanques além de seus limites de capacidade, etc. Um procedimento que tem se tornado padrão para o armazenamento locais de diesel combustível usado em grupos geradores, sejam eles (os grupos geradores) internos ou externos, é o uso de tanques fabricados por empresas especializadas, certificados, construídos com paredes duplas, instalados sob a base, providos de sistemas de detecção de vazamentos e com sistemas para evitar que sejam preenchidos além do seu limite de volume. Consulte a seção 6, *"Projeto Mecânico"*, para mais informações sobre o projeto do sistema de armazenamento de combustível.

Proteção contra incêndios

Na América do Norte, em geral, as normas técnicas de proteção contra incêndios adotam ou fazem referência a uma ou mais das normas da Associação Nacional de Proteção Contra Incêndios (NFPA). Essas normas estabelecem requisitos relativos ao combustível, tais como: capacidade de armazenamento interno, sistemas de tubulação, projeto e construção de tanques, localização, contenção e/ou recursos para drenagem de segurança. Consulte a Norma Nº 37 da NFPA, Instalação de Motores Estacionários. As autoridades locais (corpo de bombeiros) podem estabelecer regras mais rigorosas ou interpretar de modo mais rigoroso as normas ou padrões do governo federal.

Lista de Verificação do Projeto Preliminar

Tipo do Sistema

- ❑ Emergência
- ❑ “Standby” Legalmente Exigido
- ❑ “Standby” Opcional
- ❑ Energia Prime
- ❑ Peak Shaving
- ❑ Load Curtailment
- ❑ Base de Carga (Base Load)

Classificação do Grupo Gerador

- ❑ Standby
- ❑ Prime
- ❑ Contínua

Tamanho do Grupo Gerador

- ❑ Gerador único ___ kW ___ kVA ___ FP
- ❑ Geradores em paralelo ___# ___ kW ___kVA ___FP

Tensão e Freqüência do Grupo Gerador

___ Tensão ___ HZ
- ❑ Monofásico
- ❑ Trifásico

Localização

- ❑ Interna
  - ❑ Nível do Solo
  - ❑ Acima do Nível do Solo
  - ❑ Abaixo do Nível do Solo
- ❑ Externa
  - ❑ Nível do Solo
  - ❑ Sobre Laje

Acesso Direto para Instalação/Manutenção
Sim ___ Não ___

Combustível

- ❑ Diesel
- ❑ Gás Natural
- ❑ GLP

Fornecimento de Combustível - Diesel

- ❑ Tanque Diário
- ❑ Tanque Sob a Base
- ❑ Tanque Externo

Fornecimento de Combustível - LP

- ❑ Remoção de Vapor
- ❑ Remoção de Líquido

Carenagem

- ❑ Proteção contra Intempéries
- ❑ Acústico
- ❑ Com Passarelas
- ❑ Coberto

Acessórios

- ❑ Chave Seletora de Paralelismo
- ❑ Chave de Transferência Automática
- ❑ Carregadores de Bateria
- ❑ Interface de Rede
- ❑ Alarmes/Monitoração Remota
- ❑ Disjuntor(es)
- ❑ Módulos de Controle de Paralelismo
- ❑ Silencioso
- ❑ Isoladores de Vibração

Requisitos Especiais do Alternador

- ❑ Classificação de Temperatura Reduzida, 105°C 80°C
- ❑ RTDs ou Termistores

Sistema de Arrefecimento

- ❑ Radiador Acoplado ao Eixo da Unidade
- ❑ Radiador Remoto

CAPÍTULO 3

3 – A INFLUÊNCIA DAS CARGAS NO DIMENSIONAMENTO DO GRUPO GERADOR 23
Descritivo 23
Tipos de aplicação e “classificação de trabalho” de um grupo gerador 23
Classificação de trabalho de um grupo gerador 23
Aplicações obrigatórias e opcionais 23
Aplicações obrigatórias por lei 23
Aplicações opcionais “Standby” 24
Aplicações do tipo “Energia Prime” e “Contínua” 24
Conhecendo as caracteríticas das cargas 24
Requisitos para alimentação de uma carga durante a partida e durante a operação 24
Seqüenciamento das cargas em etapas 25
Tipos de carga 25
Cargas de iluminação 25
Cargas para sistemas de ar-condicionado 25
Cargas de motores 26
Cargas de baixa e alta inércia de rotação 26
Cargas acima de 50 HP 26
Métodos de partida de motores trifásicos 27
Acionamentos com Freqüência Variável (VFDs) 27
Código de letras para classificação de motores conforme a norma NEMA 28
Projeto de motores trifásicos 29
Projeto de motores monofásicos 29
Cargas com alimentação ininterrupta de energia 29
Cargas dos carregadores de baterias 31
Equipamentos de diagnóstico por imagem (Raios-X, Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética) 32
Aplicações em bombas de combate a incêndios[4] 33
Características da Carga 34
Tolerâncias das cargas para variações de tensão e freqüência 34
Potência regenerativa 35
Fator de Potência das Cargas (FP) 35
Cargas monofásicas e balanceamento das cargas 35

Página deixada intencionalmente em branco

3 A INFLUÊNCIA DAS CARGAS NO DIMENSIONAMENTO DO GRUPO GERADOR

Descritivo

Nesta seção é discutida a influência das cargas (equipamentos elétricos) no dimensionamento de um grupo gerador. É importante que o "layout" de distribuição das cargas seja formulado de maneira razoavelmente precisa já na fase inicial do projeto do sistema de geração de energia pois a carga é o fator mais importante no dimensionamento de um gerador. Caso todas as informações sobre as cargas (equipamentos), necessárias para efetuar este dimensionamento, não estejam disponíveis desde o início do projeto, os cálculos preliminares deverão ser efetuados com base em estimativas e projeções. Novos cálculos deverão ser feitos tão logo hajam informações atualizadas e mais precisas. Diferentes tipos de carga (motores, sistemas de fornecimento ininterrupto de energia - UPS, equipamentos de freqüência variável (VFD), equipamentos de diagnóstico por imagem e bombas de combate a incêndios) influenciam significativamente, e de maneiras diversas, o dimensionamento de um grupo gerador.

Tipos de aplicação e "regimes de operação" de um grupo gerador

Classificação de trabalho de um grupo gerador

As caracteríticas e a especificação de um conjunto de cargas alimentadas por um grupo gerador varia conforme o seu tipo de aplicação e o seu "regime de operação". Em geral, os tipos de aplicação nas quais os grupos geradores são utilizados podem ser sub-divididos em três "classificações de trabalho" principais: "Standby", "Prime" e "Contínua". Estas "classificações de trabalho" são apresentadas no capítulo 2, *Projeto Preliminar*.

O tipo de grupo gerador disponível para uma determinada aplicação varia de acordo com esta "classificação de trabalho". Um grupo gerador utilizado numa aplicação do tipo "Standby" funciona como "uma reserva" para a fonte principal de energia (na maioria dos casos a rede pública de energia) e espera-se que este equipamento não seja utilizado com freqüência, de modo que a classificação "Standby" corresponde à classificação mais alta disponível para um grupo gerador. Por sua vez, os grupos geradores classificados como "Prime" funcionam durante um número ilimitado de horas e são a principal fonte de energia para diversos tipos de carga, de modo que as características dos equipamentos que recebem a classificação "Prime" correspondem, em geral, à 90% das características dos equipamentos que recebem a classificação "Standby". Em aplicações do tipo "Contínuo", o grupo gerador deve produzir seu valores nominais de tensão e potência durante um número ilimitado de horas, sob carga constante. Nestas aplicações onde o grupo gerador pode trabalhar conectado em paralelo com a fonte principal de energia.

Assim, as características dos equipamentos que recebem a classificação "Contínua" correspondem, em geral, à 70% das características dos equipamentos que recebem a classificação "Standby".

A capacidade de geração de carga de um grupo gerador é determinada pela estimativa para sua vida útil ou pelos intervalos de tempo entre as revisões gerais.

Aplicações obrigatórias e opcionais

Em geral, as aplicações de grupos geradores podem ser divididas em duas categorias básicas: aquelas que são obrigatórias (exigidas por lei ou por força de normas técnicas) e aquelas que são opcionais (utilizadas por razões econômicas, em geral, associadas à disponibilidade ou confiabilidade do sistema de geração de energia). Estas duas categorias possuem características completamente diferentes, definidas, e, sua escolha é definida de maneiras totalmente distintas ao se definir quais os tipos de cargas que serão alimentadas pelo grupo gerador.

Aplicações obrigatórias por lei

Em geral, estas aplicações são aquelas classificadas pelas autoridades como aplicações de "emergência" ou "standby", e exigidas por lei nos locais onde a segurança, a integridade física, e a proteção à vida, são essenciais. Estas aplicações podem ser definidas por normas técnicas para segurança em edificações ou por normas técnicas específicas para instalações das quais dependam a saúde ou a vida de terceiros, e, normalmente, envolvem instalações como centros de saúde (hospitais, clinicas, enfermarias), grandes edificações e locais onde há grande tráfego de pessoas (teatros, centros de convenções, praças esportivas, hotéis). Normalmente, o grupo gerador deverá fornecer energia de reserva para cargas como iluminação das saídas, ventilação, sistemas de detecção de incêndios, sistemas de alarme, sistemas de comunicações para os serviços de segurança pública e até para instalações industriais onde a falta de energia possa oferecer riscos de acidentes, à integridade física ou à vida de terceiros. Demais sistemas exigidos por lei deverão ser instalados nos locais em que seja constatado que a falta de energia da rede pública represente um risco ou um obstáculo para as operações de resgate ou de combate a incêndios. Para determinar as cargas mínimas que devem ser alimentadas pelo gerador, deve-se consultar as autoridades locais para obter normas técnicas e a legislação correspondentes. Como opção, o gerador pode ainda alimentar cargas adicionais, contanto que aprovadas pelas autoridades locais.

Aplicações opcionais “Standby”

Este tipo de sistema de geração tem sido usado cada vez com mais freqüência dado que a disponibilidade de energia (pela rede pública) tem se tornado progressivamente mais escassa. Estes sistemas de geração de energia são utilizados em instalações como edificações industriais e comerciais, e, alimentam cargas como sistemas de aquecimento, refrigeração, telecomunicações, centros de processamento de dados, e processos industriais críticos. O uso de geradores se justifica nos locais onde a queda no fornecimento de energia proveniente da rede pública possa causar desconforto ou onde a interrupção de processos críticos seja uma ameaça aos processos de fabricação ou aos equipamentos.

Aplicações do tipo “Energia Prime” e “Contínua”

O uso de grupos geradores em aplicações do tipo “energia prime” ou “contínua” tem se tornado predominante em muitos dos países em desenvolvimento, assim como, em muitas aplicações do tipo geração distribuída de energia. Muitas oportunidades estão sendo criadas para as empresas distribuidoras de energia assim como para os consumidores de energia pela rede pública. Mudanças na regulamentação (ou mesmo a desregulamentação) do setor de geração e distribuição de energia, assim como, maior rigidez nas normas de proteção ambiental forçam as empresas distribuidoras energia a procurar formas alternativas de produção e distribuição ao invés da construção de novas usinas de geração. Estas alternativas para atender ao aumento da demanda incluem o corte nos picos de consumo (“peak shaving”) e contratos com tarifas reduzidas (“interruptible rate”) para o incentivo na redução de consumo em períodos de alta demanda[1]. Os clientes das empresas distribuidoras de energia são incentivados a utilizar a geração local para reduzir o consumo de pico de energia da rede pública, bem como, a explorar oportunidades de co-geração nos locais onde haja demanda para energia elétrica e energia térmica.

De qualquer forma, deve-se ter em mente que os grupos geradores são fontes de energia de pequeno porte quando comparados com capacidade de fornecimento de energia pela rede pública, e, as características operacionais das cargas podem ter um efeito significativo na qualidade da energia caso o gerador não seja dimensionado de forma correta. Considerando que um gerador é uma fonte de energia de capacidade limitada, sempre que forem conectadas ou desconectadas cargas a um gerador, deve-se esperar que hajam alterações na tensão e na freqüência. Essas alterações devem ser mantidas dentro de limites aceitáveis para todas as cargas conectadas. Além disso, haverá o surgimento de distorções na tensão de saída do gerador quando forem conectadas cargas não lineares que produzam correntes harmônicas.

1) O termo original em inglês, “interruptible rate”, faz referência à um procedimento comum nos Estados Unidos da América, no qual, por meio de um acordo entre o consumidor e a concessionária dos serviços públicos de energia elétrica, o cliente se compromete a reduzir o consumo em épocas de alta demanda, desligando equipamentos ou mesmo instalando grupos geradores, em troca de tarifas reduzidas.

A magnitude destas distorções pode ser significativamente maior quando as cargas são alimentadas por um gerador em comparação a quando são alimentadas pela rede pública. Estas distorções podem provocar um aquecimento adicional tanto no gerador quanto no equipamento de carga caso não sejam mantidas sob controle. Em conseqüencia disso, quando forem alimentadas cargas não lineares tais como computadores, UPSs e VFDs, pode ser necessário o uso de geradores de maior porte para limitar as alterações de tensão e freqüência resultantes de cargas transientes e distorções harmônicas.

Atualmente os programas de computador disponíveis para o dimensionamento de geradores permitem uma escolha mais precisa do grupo gerador assim como também permitem um grau mais elevado de confiança para a aquisição de um sistema de grande porte adequado e suficiente para as necessidades do cliente. Nem maior nem menor.

Embora a maioria das simulações para o dimensionamento de geradores ofereça melhores resultados quando se utiliza programas como o GenSize da Cummins Power Generation (veja o Apêndice A), ou mesmo com a consultoria de um representante técnico do fabricante, ainda assim é importante conhecer os detalhes técnicos e econômicos que envolvem a escolha correta do grupo gerador para cada aplicação.

Além da cargas que deverão ser conectadas, vários outros fatores também influenciam o dimensionamento de um grupo gerador: as características de partida de algumas cargas como motores, as características de suas cargas mecânicas, o desbalanceamento de cargas monofásicas, cargas não-lineares como equipamentos UPS, restrições à quedas de tensão, o uso de cargas cíclicas, etc.

Conhecendo as caracteríticas das cargas

Requisitos para alimentação de uma carga durante a sua partida e durante a sua operação

A energia exigida por muitos tipos de carga pode ser consideravelmente maior durante o seu procedimento de partida do que a energia exigida para o seu funcionamento estável e contínuo (a maioria das cargas acionadas por motores não utiliza qualquer tipo de equipamento de partida suave - “soft start”). Algumas cargas também apresentam picos de de consumo de energia durante os períodos em que estão sendo utilizadas para realizar uma tarefa, diferente do seu consumo de energia quando estão simplesmente ligadas à rede elétrica (por exemplo, equipamentos de solda e equipamentos de diagnóstico por imagem). E ainda, existem outros tipos de carga (cargas não-lineares como computadores, UPS, VFDs e outras cargas eletrônicas) que podem provocar distorções excessivas na saída do gerador, a menos que este gerador seja dimensionado além da capacidade exigida para alimentá-las. A fonte de energia deve ser capaz de atender a todos os requisitos técnicos e funcionais para suprir o conjunto de cargas.

Durante a partida de uma carga ou em condições de funcionamento onde hajam picos de consumo de energia, cargas transientes súbitas podem provocar alterações na tensão e na freqüência produzida pelo gerador. Estas alterações podem ser prejudiciais à carga conectada, podem ser grandes o suficiente para impedir uma partida bem-sucedida da carga, ou ainda, prejudicar o funcionamento apropriado da carga caso o gerador tenha sido subdimensionado. Embora algumas cargas sejam bastante tolerantes a oscilações transientes de tensão e de freqüência durante curtos períodos de tempo, outras cargas podem ser muito sensíveis. Em alguns casos, este equipamento (carga) deve ter controles de proteção que provoquem o seu desligamento sob tais condições. Embora não sejam tão críticos, outros efeitos tais como a redução da intensidade da iluminação ou a aceleração brusca de elevadores podem ser, no mínimo, incômodos.

Um grupo gerador é uma fonte de energia com capacidade limitada, tanto em relação à potência do seu motor (kW) quanto em relação à potência do seu gerador (kVA), e, isso independe do tipo do seu sistema de excitação. Como resultado, as mudanças nas cargas podem causar o surgimento de transientes de tensão e de freqüência.

A magnitude e a duração desses transientes são afetadas pelas características da carga e pela capacidade do gerador com relação à carga. Um grupo gerador é uma fonte de impedância relativamente alta quando comparada com um transformador típico da rede pública de energia. Para mais detalhes, consulte a Seção 4, *"Seleção do Equipamento".*

Seqüenciamento das cargas em etapas

Em muitas aplicações, pode ser aconselhável limitar a quantidade simultânea de cargas que são conectadas ou às quais é dada partida por meio do grupo gerador. Normalmente, as cargas devem ser conectadas ao grupo gerador de maneira seqüencial de modo a reduzir o esforço exigido durante as partidas e, conseqüentemente, fazer com que seja necessário o uso de um gerador de menor capacidade. Isto exige um sistema para controle (e monitoramento) das cargas, assim como, equipamentos para comutar as cargas ao gerador[2]. Para esta finalidade é normal que sejam utilizadas diversas chaves de transferência. As chaves de transferência individuais podem ser ajustados para conectar cargas em diferentes momentos, utilizando sistemas de comutadores padrão equipados com dispositivos de retardo de tempo, fazendo com que as cargas sejam conectadas de maneira escalonada. O tempo de retardo recomendado é de alguns poucos segundos entre uma conexão e outra, pois isso permite que o gerador estabilize a sua tensão e a sua freqüência entre as etapas de conexão das cargas. Isto, é claro, significa que quaisquer cargas de emergência ou cargas exigidas por lei deverão ser conectadas em primeiro lugar para atender aos requisitos das normas técnicas.

2) A Cummins Power Generation oferece rede baseada em sistemas de controle da carga em cascata.

As cargas que consomem mais energia durante a sua partida, como os grandes motores, devem ser conectadas enquanto ainda houver uma quantidade mínima de cargas conectadas ao gerador. As cargas do tipo UPS podem ser deixadas por último, pois são alimentadas por bateria.

Com estas informações básicas, veja a seguir a discussão sobre características operacionais de cargas individuais.

Tipos de carga

Cargas de iluminação

Os cálculos para a energia consumida em iluminação são bastante objetivos, a soma da potência das lâmpadas ou acessórios de iluminação, ou ainda, a soma da potência exigida pelos circuitos de iluminação somada com a potência exigida pelos reatores. Os tipos mais comuns de sistemas de iluminação são: incandescente (sistemas formados por lâmpadas padrão com bulbo de vidro e que, em geral, usam filamento de tungstênio), fluorescente (sistemas formados por lâmpadas de gás ionizado acionada por um reator, também usados em lâmpadas de descarga), e lâmpadas de descarga elétrica de alta potência (vapor de sódio de baixa pressão, vapor de sódio de alta pressão, etc).

As **Tabelas 3-1 e 3-2** apresentam alguns dados úteis, representativos de cada um destes sistemas.

TIPO DE ILUMINAÇÃO	SPF	RPF
Fluorescente	0.95	0.95
Incandescente	1.00	1.00
Descarga de Alta Intensidade	0.85	0.90

Tabela 3-1. Fatores de Potência para iluminação. (Partida e funcionamento)

LÂMPADA	REATOR
48 Polegadas T-12, 40 W, Pré-aquecida	10 W
48 Polegadas T-12, 40 W, Partida Rápida	14 W
Saída Alta 40 W, Fluorescente	25 W
Mercúrio, 100 W	18-35 W
Mercúrio, 400 W	25-65 W

Tabela 3-2. Potência de reatores.

Cargas para sistemas de ar-condicionado

Na América do Norte as cargas para sistemas de ar-condicionado são especificadas em "toneladas de ar". Para estimar os requisitos de potência em kilowatts, é possível utilizar a proporção de 2 HP/ton para uma estimativa muito conservadora da carga total para uma unidade de menor eficiência. Caso seja necessária uma estimativa mais precisa e se conheça os valores das cargas individuais do motor e dos componentes do equipamento A/C, os valores das cargas devem ser somados individualmente e acrescidos de um fator de demanda para as cargas que podem ser iniciadas simultaneamente.

Cargas de Baixa Inércia*	Cargas de Alta Inércia **
Ventiladores e ventoinhas centrífugas	Elevadores
Compressores rotativos	Bombas mono e multi-cilindros
Bombas rotativas e centrífugas	Compressores mono e multi-cilindros
	Moinhos de pedra
	Transportadores

* Excepcionalmente ventiladores ou bombas que trabalhem contra grandes cabeçotes não podem ser qualificados como cargas de baixa inércia. No caso de dúvidas, assuma Alta Inércia.

** As cargas de alta inércia incluem as cargas desbalanceadas mecanicamente ou pulsantes.

Tabela 3-3. Resumo das cargas que possuem inércia de rotação.

Cargas de motores

Existe uma grande variedade de tipos de motores e tipos de cargas mecânicas que podem ser conectadas a estes motores, cada uma das quais afeta a partida do motor e as suas características de funcionamento. Veja a seguir, uma discussão sobre estas diferenças e características, e seus efeitos nas opções de dimensionamento do grupo gerador.

Cargas de baixa e alta inércia de rotação

A quantidade de inércia de uma massa em rotação, como um conjunto formado por um motor e sua carga, corresponde a uma medida de sua resistência à aceleração pelo torque de partida do motor. O torque de partida de um motor elétrico exige mais potência do grupo gerador (SkW) do que quando o motor está em funcionamento. Entretanto, ao invés de fazer quaisquer cálculos mais detalhados, em geral, é suficiente determinar se as cargas são de alta inércia ou de baixa inércia, com o objetivo de se determinar os valores de potência que devem ser fornecidos aos motores para a sua partida, assim como, para acelerar as cargas mecânicas conectadas à estes motores.
As cargas de baixa inércia correspondem àquelas que podem ser aceleradas considerando-se um "Fator de Trabalho" com valor de 1,5 ou menos. As cargas de alta inércia são aquelas para as quais o "Fator de Trabalho" maior que 1,5. Um valor mais elevado para o "Fator de Trabalho" também deve ser assumido para cargas desbalanceadas mecanicamente ou cargas pulsantes. A **Tabela 3-3** ilustra como algumas cargas comuns podem ser classificadas conforme este critério.

Cargas acima de 50 HP

Durante uma partida direta, um motor de grande porte conectado a um grupo gerador representa uma carga de baixa impedância enquanto está com o rotor travado ou na condição de inércia inicial (parado). O resultado disso é um pico com alto valor de corrente que, normalmente, equivale a seis vezes a corrente nominal do motor. Este pico de corrente provoca uma queda na tensão do gerador, que corresponde à soma da queda de tensão transiente instantânea mais a queda de tensão de recuperação.

Esta queda instantânea de tensão (transiente) ocorre no instante em que o motor é conectado à saída do gerador e depende estritamente das impedâncias relativas do gerador e do motor. Esta queda instantânea de tensão corresponde à queda de tensão prevista pelas "curvas de queda de tensão", publicadas nas tabelas de dados técnicos do alternador[3]. Estas "curvas de queda de tensão" permitem que se faça uma estimativa antecipada do que ocorre durante uma queda instantânea de tensão, assumindo-se que a freqüência do gerador se mantenha constante.
Caso o motor (mecânico) do grupo gerador diminua lentamente sua rotação devido a uma grande demanda de potência para a partida do motor elétrico, a queda de tensão transiente torna-se excessiva à medida em que o regulador de tensão do sistema de excitação do alternador reduz a tensão de excitação para auxiliar na retomada de rotação do motor (mecânico) do grupo gerador. Isto pode ocorrer nos casos em que o regulador de tensão atinje um ponto de queda abrupta da curva característica de acoplamento entre o torque o motor (mecânico) e a tensão do regulador.

Após detectar a queda instantânea de tensão transiente, o sistema de excitação do gerador responde aumentando a excitação para retomar a tensão nominal de operação do gerador (ao mesmo tempo em que o motor elétrico é acelerado), aumentando assim sua rotação (supondo-se que o motor elétrico consiga atingir um torque suficiente para entrar em rotação). O torque de um motor de indução é diretamente proporcional ao quadrado da tensão aplicada. A aceleração do motor é uma função da diferença entre torque do motor e os requisitos de torque da carga. Para evitar um tempo excessivo de aceleração, ou mesmo a parada do motor (elétrico), o gerador deve retomar a sua tensão nominal tão rápido quanto possível.

3) As curvas de queda de tensão para os equipamentos da Cummins Power Generation estão disponíveis no CD do Power Suite Library.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

A maneira como o gerador efetua a retomada de tensão depende da proporção entre as capacidades de potência do gerador e do motor elétrico, assim como do valor absoluto da potência do motor elétrico (kW) e da capacidade do regulador de tensão para forçar a excitação do gerador. Depois de passados alguns milissegundos após a queda inicial de tensão transiente, o regulador de tensão aplica uma tensão com carga plena ao circuito excitador do gerador resultando num aumento da corrente do campo principal do gerador, conforme as constantes de tempo do excitador e do campo principal.

Os componentes do grupo gerador são projetados e dimensionados para fazer com que o seu intervalo de resposta seja o menor possível e, ao mesmo tempo, mantendo a estabilidade da tensão e evitando que haja uma sobrecarga no seu motor (mecânico). Os sistemas de excitação capazes de responder tão rapidamente (ou que sejam tão "bruscos") podem, de fato, sobrecarregar o motor (mecânico) do grupo gerador durante a partida de motores elétricos de grande porte. Dependendo da magnitude da carga, o gerador deve retornar ao seu valor nominal de tensão em um intervalo de vários ciclos ou, no máximo, dentro de alguns segundos.

Para as aplicações nas quais se efetuam partidas de motores (elétricos), deve-se levar em consideração tanto a queda inicial transiente de tensão quanto a retomada do valor nominal de tensão pelo grupo gerador.

Um gerador deve ser dimensionado de modo a não exceder a queda inicial transiente de tensão especificada para o projeto, assim como, para que a sua tensão de saída retorne a um mínimo de 90% de seu valor nominal quando todo kVA de rotor travado do motor é aplicado. Portanto, o motor (elétrico) pode entregar 81% (ou, 0,9 x 0,9 = 0,81) de seu torque nominal durante a sua aceleração. Este é um valor considerado adequado para a maioria das aplicações de partida de motores. Como regra geral, pode-se considerar como aceitável uma queda de tensão de até 35% (em relação à tensão nominal do gerador), durante a partida de um motor elétrico.

Existem diversos tipos de sistemas que permitem efetuar a partida de motores utilizando tensão reduzidas, possibilitando reduzir o consumo de potência durante a partida de um motor em aplicações nas quais a partida utilizando um torque reduzido é aceitável. Com o uso de uma potência reduzida para a partida de um motor, pode-se também reduzir a queda de tensão causada no gerador, em conseqüencia disso, é possível utilizar um grupo gerador de menor porte assim como efetuar uma partida mecânica mais suave. Todavia, conforme os argumentos discutidos a seguir, é necessário tomar alguns cuidados quando se utilizar estes sistemas de partida suave em conjunto com grupos geradores.

Métodos de partida de motores trifásicos

Existem diversos métodos disponíveis para efetuar a partida de motores trifásicos, conforme o resumo apresentado na **Tabela 3-4** e conforme o texto apresentado no Apêndice C, "Partida de Motores com Tensão Reduzida".
O método mais utilizado é a partida direta. Neste caso a partida é efetuada conectando-se o motor diretamente à da linha de alimentação de tensão e aplicando-lhe a tensão total.

É possível reduzir o consumo de potência e o esforço exigido do grupo gerador caso se utilize algum método de partida com tensão reduzida ou por meio de um "*soft starter*" eletrônico (ou seja, um sistema de partida com semicondutores de potência). Neste caso, é possível utilizar um grupo gerador de menor porte para efetuar a mesma tarefa. Entretanto, recomenda-se tomar cuidado ao aplicar qualquer um destes métodos de partida com tensão reduzida, pois o torque do motor (elétrico) varia em função da tensão aplicada e qualquer método que reduza a tensão durante a partida de um motor também reduzirá o seu torque de partida. Estes métodos de partida "suave" devem ser utilizados somente para motores com cargas mecânicas de baixo momento de inércia, ou então, nos casos em que se possa determinar que o motor produzirá torque necessário para a sua aceleração durante a partida.

Estes métodos de partida podem produzir correntes de pico muito elevadas durante a transição entre a partida do motor e o instante em que o motor atinge sua velocidade normal de funcionamento. Caso o sistema de partida tente efetuar a transição antes que o motor atinja a sua rotação normal de funcionamento, a demanda de corrente e potência sobre o grupo gerador será quase a mesma que nos casos de uma partida direta. Caso o motor não consiga atingir uma rotação próxima à sua rotação normal de funcionamento antes que o sistema de controle de partida efetue a transição, podem ocorrer quedas excessivas de tensão e de freqüência no grupo gerador que alimenta o sistema. Caso hajam dúvidas sobre como o sistema de partida "suave" do motor e a carga poderão reagir, recomenda-se considerar como se o motor estivesse efetuando uma partida direta.

Acionamentos com Freqüência Variável (VFDs - *Variable Frequency Drivers*)

Dentre todas as classes de cargas não-lineares, os acionamentos com freqüência variável, utilizados para controlar a rotação de motores de indução, produzem as maiores distorções na tensão de saída do gerador. O uso de um alternador de maior porte torna-se necessário para evitar o superaquecimento do alternador devido às correntes harmônicas induzidas pelo acionamento com freqüência variável, e para limitar a distorção de tensão do sistema reduzindo-se a reatância do alternador.

MÉTODO DE PARTIDA	% DA TENSÃO TOTAL APLICADA (TAP)	% DE kVA	% DE TORQUE	FATOR DE MULTIPLICAÇÃO SkVA	SPF
Tensão Total	100	100	100	1,0	–
Autotransformador com Tensão Reduzida	80 65 50	64 42 25	64 42 25	0,64 0,42 0,25	– – –
Reator em Série	80 65 50	80 65 50	64 42 25	0,80 0,65 0,50	– – –
Resistência em Série	80 65 50	80 65 50	64 42 25	0,80 0,65 0,50	0,60 0,70 0,80
Estrela Triângulo	100	33	33	0.33	–
Parte do Enrolamento (Típico)	100	60	48	0.6	–
Motor com Rotor Enrolado	100	160*	100*	1.6*	–
* - Estas são porcentagens ou fatores da corrente de funcionamento que dependem dos valores das resistências em série adicionadas aos enrolamentos do rotor.					

Tabela 3-4. Métodos e características de partida de motores utilizando tensão reduzida.

Por exemplo, fontes de correntes inversoras convencionais, tipo cargas VFD, conectadas a um grupo gerador devem ter menos que 50%, aproximadamente, da capacidade do gerador para limitar a distorção harmônica em menos de 15%. Mais recentemente, os sistemas VFD's do tipo Moduladores de Largura de Pulso têm se tornado cada vez mais baratos e populares, e, induzem substancialmente menos harmônicos na sua tensão de alimentação. Para este tipo de acionamento, o gerador deve ser superdimensionado em apenas 40%.

Em aplicações onde sejam utilizados sistemas de acionamento ("*drivers*") de rotação variável, o grupo gerador deve ser dimensionado segundo a classificação total indicada na plaqueta de identificação do acionamento ("*driver*") e não para a classificação indicada na plaqueta de identificação do motor que está sendo acionado. Os harmônicos podem ser maiores caso o acionamento esteja funcionando com carga parcial, e, é possível que um motor maior, com capacidade total igual à do acionamento, seja instalado no futuro.

"Código de letras" para classificação de motores conforme a norma NEMA

Na América do Norte, a norma NEMA(Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Elétricos), para motores e geradores (MG1), utiliza um "Código de Letras" de "A" até "V", para especificar as faixas aceitáveis de potência (kVA) para a partida de motores. O projeto de um motor deve limitar a sua potência de partida (kVA), com o rotor travado, a um valor dentro da sua faixa de especificação, conforme a sua Letra correspondente. Para calcular a potência de partida de um motor, basta multiplicar a potência deste motor, em HP, pelo valor da **Tabela 3-5** que corresponde à sua Letra de Código. Os valores apresentados na **Tabela 3-5** correspondem aos valores médios para cada uma das faixas específicas de valores para o "Código de Letras" da norma NEMA.

Letra	Fator	Letra	Fator	Letra	Fator
A	2	H	6,7	R	15
B	3,3	J	7,5	S	16
C	3,8	K	8,5	T	19
D	4,2	L	9,5	U	21,2
E	4,7	M	10,6	V	23
F	5,3	N	11,8		
G	5,9	P	13,2		

Tabela 3-5. Fatores de multiplicação correspondentes às letras do "Código de Letras" da norma NEMA.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

Projeto de motores trifásicos

Na América do Norte, os motores classificados como B, C ou D, segundo a norma NEMA, correspondem à motores de indução, do tipo gaiola de esquilo, e, classificados com relação ao seu valor máximo de corrente com o rotor travado, valor mínimo de torque com o rotor travado, valor mínimo de elevação e valor mínimo de redução de torque.

Os motores do tipo "Alta Eficiência" são motores de indução, trifásicos, do tipo gaiola de esquilo, e de grande eficiência. Estes motores possuem valores mínimos de torque similares aos motores do tipo B, porém com valores mais elevados para a corrente máxima com o rotor travado e com maior eficiência nominal com carga plena.

Consulte a **Tabela 3-6** para obter os valores nominais padrão para os motores classificados como B, C, D e Alta Eficiência.

Projeto de motores monofásicos

Consulte a **Tabela 3-7** para obter os valores nominais padrão para motores de indução monofásicos.

Cargas com alimentação ininterrupta de energia

Um sistema estático de alimentação ininterrupta de energia (UPS - "*Uninterruptible Power System*") utiliza retificadores controlados de silício (SCR's), ou algum outro dispositivo estático, para converter a tensão de corrente alternada (CA) para corrente contínua (CC). Esta conversão é feita por meio de um circuito inversor localizado na saída do UPS. A tensão CC também é utilizada para carregar as baterias (embutidas no UPS), que são os componentes de armazenamento de energia para o UPS. A comutação dos SCR's na entrada do UPS induz correntes harmônicas no alternador do grupo gerador. Os efeitos dessas correntes harmônicas incluem o aquecimento adicional do enrolamento do alternador, a redução da eficiência e a distorção da forma de onda da tensão alternada (CA). Como resultado destas características do UPS torna-se necessária a utilização de um grupo gerador com maior capacidade de geração de potência.

Os dispositivos UPS também podem ser sensíveis a quedas de tensão e variações de freqüência. Quando o retificador está na parte ascendente da curva de retificação, podem ocorrer oscilações relativamente grandes de freqüência e de tensão sem que haja interrupção do funcionamento. Entretanto, se o "*bypass*" estiver habilitado, tanto a freqüência quanto a tensão devem ser muito estáveis ou poderá ocorrer uma condição de alarme.

No passado, os problemas de incompatibilidade entre grupos geradores e dispositivos UPS estáticos levaram a muitas concepções incorretas sobre o dimensionamento de grupos geradores para este tipo de carga. Os fornecedores de UPS recomendavam o superdimensionamento do grupo gerador de duas a cinco vezes a classificação do UPS, mas mesmo assim alguns problemas persistiam. Desde então, a maioria dos fabricantes de UPS tem sido capazes de resolver os problemas de incompatibilidade e atualmente é mais barato exigir dispositivos UPS que sejam compatíveis com o grupo gerador do que superdimensioná-lo.

Ao dimensionar um gerador, use a classificação da plaqueta de identificação do UPS (mesmo que a capacidade do UPS não seja utilizada até o seu limite nominal) somada com a classificação de carga da bateria. Em geral, o UPS tem uma capacidade de carregamento das baterias que corresponde entre 10 e 50% da classificação de potência do UPS. Caso as baterias estejam descarregadas quando o UPS estiver conectado ao grupo gerador, o grupo gerador deverá ser capaz de fornecer tanto a carga de saída do UPS quanto a carga das baterias. A maioria dos sistemas UPS possui um limite ajustável de corrente. Se este limite estiver configurado entre 110% e 150% da classificação do UPS. Este será o pico de carga que o grupo gerador terá de alimentar imediatamente após uma queda da energia da rede pública. Um segundo motivo para a utilização da classificação plena do UPS é o fato que no futuro podem ser incluídas cargas adicionais até o limite de classificação do UPS (indicado na sua plaqueta de identificação). O mesmo se aplica aos sistemas UPS redundantes. Dimensione o grupo gerador para o valor somado das classificações das plaquetas individuais dos dispositivos UPS em aplicações onde, por exemplo, um dos UPSs é utilizado como reserva do outro, e estão on-line o tempo todo com carga de 50% ou menos.

Por se tratarem de cargas não-lineares, o equipamento UPS induzem harmônicos na tensão de saída do grupo gerador. Os dispositivos UPS cujas entradas são equipadas com filtros de harmônicos apresentam correntes de harmônicos menores do que os equipamentos que não equipados com filtros. Os filtros de harmônicos devem ser desconectados ou ter a sua capacidade reduzida quando a carga sobre o UPS for pequena, caso contrário, estes filtros podem afetar o fator de potência do grupo gerador. Para mais informações, consulte o ítem *"Redução do Fator de Potência pela Carga",* no Capítulo 6, *"Projeto Mecânico".*

O número de retificadores (pulsos) também define o grau de superdimensionamento exigido pelo alternador. Um retificador de 12 pulsos com um filtro de harmônicos corresponde ao menor grupo gerador recomendado.

A maioria dos dispositivos UPS possui um ajuste de limitação de corrente para controlar a carga máxima que o sistema pode exigir da sua fonte de alimentação. Este limite é expresso como uma porcentagem da classificação de carga plena do UPS. A carga total que o UPS pode exigir de sua fonte de alimentação é controlada pelo valor que limita a taxa de carregamento de sua bateria. Todavia, caso a carga máxima seja limitada a 125% e, o UPS esteja funcionando a 75% da sua capacidade nominal, a carga da bateria será limitada a 50% da capacidade do UPS. Alguns dispositivos UPS reduzem a taxa de carregamento da bateria a um valor mais baixo durante os períodos em que um grupo gerador estiver alimentando o UPS.

HP	MOTORES *B, C & D*		MOTORES DE ALTA EFICIÊNCIA		PARA TODOS OS MOTORES	
	LETRA DO CÓDIGO NEMA*	EFICIÊNCIA (%)	LETRA DO CÓDIGO NEMA*	EFICIÊNCIA (%)	FP DE PARTIDA (SPF)	FP DE OPERAÇÃO (RPF)
1	N	73	N	86	0,76	0,70
1-1/2	L	77	L	87	0,72	0,76
2	L	79	L	88	0,70	0,79
3	K	83	L	89	0,66	0,82
5	J	84	L	90	0,61	0,85
7-1/2	H	85	L	91	0,56	0,87
10	H	86	K	92	0,53	0,87
15	G	87	K	93	0,49	0,88
20	G	87	K	93	0,46	0,89
25	G	88	K	94	0,44	0,89
30	G	88	K	94	0,42	0,89
40	G	89	K	94	0,39	0,90
50	G	90	K	95	0,36	0,90
60	G	90	K	95	0,36	0,90
75	G	90	K	95	0,34	0,90
100	G	91	J	96	0,31	0,91
125	G	91	J	96	0,29	0,91
150	G	91	J	96	0,28	0,91
200	G	92	J	96	0,25	0,91
250	G	92	J	96	0,24	0,91
300	G	92	J	96	0,22	0,92
350	G	93	J	97	0,21	0,92
400	G	93	J	97	0,21	0,92
500 & ACIMA	G	94	J	97	0,19	0,92

Tabela 3-6. Características padrão para motores trifásicos: Norma NEMA, EFF, SPF, RPF.

HP	LETRA DO CÓDIGO NEMA*	EFICIÊNCIA (%)	FP DE PARTIDA (SPF)	FP DE OPERAÇÃO (RPF)
"SPLIT-PHASE"				
1/6	U	70	0,8	0,66
1/4	T	70	0,8	0,69
1/3	S	70	0,8	0,70
1/2	R	70	0,8	0,70
"PERMANENT SPLIT CAPACITOR" (PSC)				
1/6	G	70	0,8	0,66
1/4	G	70	0,8	0,69
1/3	G	70	0,8	0,70
1/2	G	70	0,8	0,72
"CAPACITOR START / INDUCTION RUN"				
1/6	R	40	0,8	0,66
1/4	P	47	0,8	0,68
1/3	N	51	0,8	0,70
1/2	M	56	0,8	0,73
3/4	L	60	0,8	0,75
1	L	62	0,8	0,76
1-1/2	L	64	0,8	0,78
2	L	65	0,8	0,78
3 a 15	L	66	0,8	0,79
"CAPACITOR START / CAPACITOR RUN"				
1/6	S	40	0,8	0,66
1/4	R	47	0,8	0,68
1/3	M	51	0,8	0,70
1/2	N	56	0,8	0,73
3/4	M	60	0,8	0,75
1	M	62	0,8	0,76
1-1/2	M	64	0,8	0,78
2	M	65	0,8	0,78
3 a 15	M	66	0,8	0,79

Tabela 3-7. Características padrão para motores monofásicos: Norma NEMA, EFF, SPF, RPF.

Carga dos Carregadores de baterias

Em geral, os carregadores de baterias utilizam retificadores controlados de silício (SCR's). Um carregador de bateria é uma carga não-linear, e exige um alternador superdimensionado para suportar o aquecimento adicional e minimizar as correntes harmônicas induzidas pelo carregador de baterias.

O número de retificadores (pulsos) define o grau exigido de superdimensionamento para o alternador. Um retificador de 12 pulsos corresponde ao menor grupo gerador recomendado.

Equipamentos de diagnóstico por imagem (Raios-X, Tomografia Computadorizada, e Ressonância Magnética)

Os equipamentos de diagnóstico por imagem, como Raios-X, Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética possuem características únicas de partida e funcionamento que devem ser consideradas no dimensionamento de um grupo gerador. O pico de carga, em kVA (kVA x ma), e a queda de tensão permitida são fatores essenciais para o dimensionamento de um grupo gerador para aplicações onde sejam utilizados equipamentos de diagnóstico por imagem.

Dois fatores adicionais devem ser entendidos para todos esses tipos de aplicações:

Em primeiro lugar, quando um equipamento de diagnóstico por imagem é alimentado por um grupo gerador, as imagens produzidas podem ser diferente das imagens produzidas quando o mesmo equipamento é alimentado pela rede elétrica de energia. A razão para isso se deve à diferença nas características de queda de tensão quando o equipamento está em funcionamento. Conforme o ilustrado na **Figura 3-1**, a queda de tensão tenderá a ser constante quando a fonte de alimentação for a rede pública de energia elétrica, e, será maior e com maiores variações quando a fonte de alimentação for um grupo gerador. O modo com que o regulador de tensão do grupo gerador tenta regular a tensão durante uma queda também afeta as características da queda de tensão.

Em segundo lugar, não devem ocorrer grandes mudanças nas cargas conectadas ao grupo gerador no intervalo de tempo entre o momento em que o operador faz os ajustes no equipamento de diagnóstico por imagem até o momento em que a imagem é produzida. Mudanças nas cargas como as que ocorrem durante a partida de um elevador ou a ativação/desativação de sistemas de ar-condicionado podem afetar o funcionamento de um equipamento de diagnóstico por imagem.

Em geral, os equipamento de diagnóstico por imagem são projetados para serem alimentados com energia da rede elétrica. Contudo, a maioria destes equipamentos possui um compensador para a tensão de alimentação, que pode ser ajustado pelo instalador ou pelo operador do equipamento. Nas aplicações em que o grupo gerador é a única fonte de energia disponível, o compensador para a tensão de alimentação pode ser ajustado para compensar a queda de tensão esperada com o uso do grupo gerador. Quando um equipamento de diagnóstico por imagem estiver ajustado para funcionar utilizando a energia da rede pública, o grupo gerador deverá reproduzir, tanto quanto seja possível, as mesmas características de queda de tensão da rede pública de energia. A partir da experiência acumulada no passado com este tipo de equipamento, pode-se esperar que sejam produzidas imagens de qualidade satisfatória quando a classificação de potência (em kVA) do gerador (alternador) corresponder à, pelo menos, 2,5 vezes o pico de consumo de potência (em kVA) do equipamento de diagnóstico por imagem. Pode-se esperar uma queda de tensão entre 5 e 10% quando o dimensionamento do grupo gerador é feito utilizando este critério.
A **Tabela 3-8** apresenta os valores para o pico de consumo de potência (kVA) e a potência (kVA) exigida do grupo gerador por equipamentos de diagnóstico por imagem com diversas capacidades nominais.

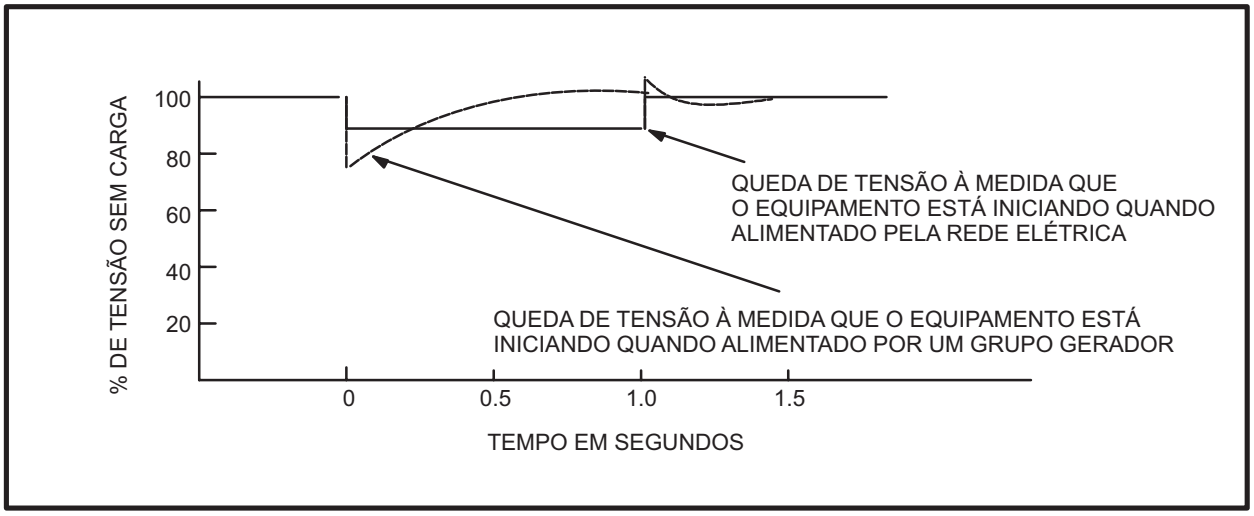


Figura 3-1. Queda de tensão em aplicações médicas de diagnóstico por imagem.

CLASSIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE IMAGEM		PICO EM kVA*	kVA MÍNIMO DO GERADOR
Ma	kVP		
15	100	1,5	3,8
20	85	1,7	4,3
40	125	5,0	12,5
50	125	6,3	15,8
100	125	12,5	31,3
200	125	25,0	62,5
300	125	37,5	93,8
300	150	45,0	112,0
500	125	62,5	156,0
500	150	75,0	187,0
700	110	77,0	192,0
1200	90	108,0	270,0
* - Multiplique o pico em kVA pelo fator de potência (FP) para obter o pico em kW. Se o FP for desconhecido, assuma 1,0.			

Tabela 3-8. Requisitos do grupo gerador para aplicações com equipamentos de diagnóstico por imagem.

Aplicações em bombas de combate a incêndios[4]

As bombas de combate a incêndios exigem algumas considerações especiais devido a seu "status crítico" e exigências estabelecidas em normas técnicas especiais. Na América do Norte, o Código Elétrico Nacional (NEC - "*National Electrical Code*") exige que o limite para a queda de tensão seja de 15% durante a partida de bombas de combate a incêndios. Este limite é imposto com o objetivo de fazer com que os sistemas de partida dos motores da bombas não desarmem caso sejam submetidos a períodos prolongados com o rotor travado, e, que os motores das bombas de combate a incêndios forneçam torque adequado para acelerá-las até as suas respectivas rotações nominais e atinjam os valores nominais de pressão e vazão. O grupo gerador não precisa ser dimensionado para fornecer por tempo indefinido a potência (kVA) de acionamento para o motor de uma bomba de combate a incêndios que esteja com o rotor travado. Isto resultaria em um grupo gerador superdimensionado, o que poderia levar a problemas de manutenção e confiabilidade em um grupo gerador sub-utilizado.

Sempre que for utilizado um motor com partida em tensão reduzida ("soft start") para uma bomba de combate a incêndios, independente do tipo da bomba e do motor, o dimensionamento deve ser feito como se fosse uma partida direta.

O sistema de controle da bomba de combate a incêndios inclui recursos de partida direta da bomba (conexão direta à linha de energia), para os casos de falha no funcionamento do controlador. Estes recursos podem ser mecânicos (com acionamento manual), elétricos (com acionamento manual) ou automáticos.

Uma capacidade extra de geração e fornecimento de energia pode ser acionada, caso seja técnicamente viável, por meio da instalação de controles automáticos para a desconexão de cargas com baixa prioridade ou então pela alimentação destas cargas utilizando-se a capacidade ociosa do grupo gerador. Estes controles devem ser ajustados para desconectar as cargas com baixa prioridade antes de dar a partida na bomba de combate a incêndios.

Uma alternativa possível seria o uso de uma bomba para combate a incêndios acionada por um motor diesel ao invés de uma bomba com motor elétrico. Embora seja mais econômico utilizar uma bomba acionada por motor elétrico, é provável que o engenheiro responsável pelo projeto do sistema de combate à incêndios prefira uma bomba acionada por motor diesel. Isto permitiria que o sistema de energia para os equipamentos de proteção contra incêndios e o sistema de energia de emergência fossem mantidos completamente separados. Alguns engenheiros e companhias seguradoras acreditam que isto possa aumentar a confiabilidade de ambos os sistemas. Além disso, o gasto com um comutador de transferência para a bomba de combate a incêndios seria evitado. Outra vantagem a ser avaliada é o fato de que o grupo gerador não precisaria ser dimensionado para fornecer indefinidamente a potência (kVA) para acionamento do motor da bomba de combate a incêndios. Isto poderia resultar em um grupo gerador superdimensionado, o qual poderia apresentar problemas de manutenção e confiabilidade por estar sendo sub-utilizado.

4) Este texto apresenta a interpretação da Cummins Power Generation sobre a edição de 1996 da Norma NFPA Nº 20, sobre Bombas Centrifugas de Combate a Incêndios.Os engenheiros responsáveis pelos projetos também deverão consultar esta norma.

Características da Carga

Tolerâncias das cargas para variações de tensão e freqüência

A **Tabela 3-9** apresenta um resumo com os valores das tolerâncias de várias cargas para oscilações de tensão e freqüência.

EQUIPAMENTO	TENSÃO	FREQÜÊNCIA	COMENTÁRIOS
Motores de Indução	+/-10%	+/-5%	A sub tensão resulta em torque baixo e no aumento da temperatura. A sobre tensão resulta no aumento do torque e da corrente de partida.
Contatores, Partidas de Motores	+/-10%	N/D	A força de retenção de uma bobina e sua constante de tempo de descarga são proporcionais aos ampères-espiras da bobina. Bobinas menores podem ficar fora destas tolerâncias para quedas transientes. Uma queda transiente de tensão de 30 a 40% durante mais de 2 ciclos pode provocar a queda da bobina.
Iluminação Incandescente	+10%, -25%	N/D	Tensão baixa resulta em 65% de luz. Tensão alta resulta em 50% da vida. Freqüência baixa pode resultar em luz piscante
Iluminação Fluorescente	+/- 10%	N/D	Tensão alta resulta em superaquecimento.
Iluminação HID	+10%, -20%	N/D	Tensão baixa resulta em extinção. Tensão alta resulta em superaquecimento.
UPS Estático	+10%, -15%	+/- 5%	Nenhuma descarga da bateria abaixo de -20% da tensão. UPS são sensíveis a uma taxa de mudança de freqüência maior que 0,5 Hz/seg (taxa de risco). O superdimensionamento do gerador poderá ser necessário para limitar a distorção harmônica de tensão.
Acionamento com Freqüência Variável (VFD)	+10%, -15%	+/- 5%	VFDs são sensíveis a uma taxa de mudança de freqüência maior que 1 Hz/seg. O superdimensionamento do gerador poderá ser necessário para limitar a distorção harmônica de tensão.
Caso a tensão não consiga retornar à 90%, os dispositivos de proteção contra sub-tensão podem ser acionados, dispositivos contra sobrecorrente podem interromper a alimentação, motores de partida com tensão reduzida podem travar ou “dar trancos” e motores podem parar ou não ter aceleração aceitável.			

Tabela 3-9. Valôres típicos das tolerâncias para tensão e freqüência.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

Potência regenerativa

A utilização de grupos geradores para alimentar cargas que utilizem acionamentos do tipo motor-gerador (MG), tais como elevadores, guindastes e guinchos, exige que o projeto de instalação tenha características adequadas para lidar com este tipo de carga com "potência regenerativa". Em aplicações como estas, a descida da cabina de um elevador ou do guincho de um guindaste torna-se mais lenta para que o motor-gerador "devolva" energia elétrica à fonte para que seja reaproveitada. A rede elétrica de energia absorve facilmente esta energia "regenerada" por ser uma fonte de energia essencialmente ilimitada. A energia produzida e "devolvida" pela carga simplesmente alimenta outras cargas reduzindo a demanda sobre a rede elétrica (que é a fonte principal). Por outro lado, um grupo gerador é uma fonte "isolada" de energia e tem uma capacidade limitada para absorção da "potencia regenerativa". A absorção da "potência regenerativa" depende da potência de fricção do motor à uma rotação controlada, da potencia de ventilação, da fricção do gerador, das perdas por dissipação nos enrolamentos e no núcleo do rotor (a potência necessária para manter a saída do gerador na tensão nominal). O valor nominal para a capacidade de "potência regenerativa" do grupo gerador selecionado aparece na "Folha de Especificações" e, normalmente, equivale entre 10 a 20% da classificação de potência do grupo gerador.

Lembre-se que o gerador controla o motor (mecânico), que absorve e dissipa energia através das perdas por fricção.

A escolha de uma classificação para "potência regenerativa" insuficiente para uma determinada aplicação pode resultar numa descida excessivamente rápida da cabina de um elevador e na rotação excessiva do grupo gerador.

NOTA: *Cargas regenerativas excessivas podem causar uma rotação excessiva e o desligamento de um grupo gerador. As aplicações mais susceptíveis a este tipo de problema são os pequenos edifícios onde o elevador é a maior carga conectada ao grupo gerador.*

Em geral, o problema da "regeneração" pode ser resolvido fazendo-se com que hajam outras cargas conectadas ao gerador, e, que possam absorver a "potência regenerativa". Por exemplo, em pequenos edifícios onde o elevador é a maior carga, a energia do gerador ser transferida para a iluminação antes que seja transferida para o elevador. Em alguns casos, pode ser necessário o uso de bancos de carga auxiliares, e controles para estes bancos de carga, para ajudar a absorver as cargas regenerativas.

Fator de Potência das Cargas (FP)

Indutâncias e capacitâncias em circuitos de carga de corrente alternada (CA) podem fazer com que o ponto em que a onda senoidal de corrente passa pelo "zero" seja adiantado ou atrasado em relação ao ponto em que a onda de tensão passa pelo "zero". Cargas capacitivas, motores síncronos superexcitados, etc., causam o avanço do fator de potência, onde a corrente fica adiantada em relação à tensão.

Um fator de potência de "atraso", ou seja, quando a corrente fica atrasada em relação à tensão , corresponde aos casos mais comuns, e resultam da indutância no circuito. O fator de potência corresponde ao co-seno do ângulo que a corrente adianta ou atrasa em relação à tensão, e, onde um ciclo senoidal completo corresponde à 360 graus. Em geral, o fator de potência é expresso na forma decimal (0,8) ou como uma porcentagem (80%). O fator de potência corresponde ao valor da razão entre a potência em kW e a potência em kVA. Ou seja:

$$\mathbf{kW = kVA \times PF}$$

Note que os grupos geradores trifásicos são classificados para cargas com FP=0.8 e grupos geradores monofásicos para cargas com FP=1.0. Cargas que causam fatores de potência de valores mais baixos que aqueles para os quais os geradores são classificados podem fazer com que se recomende o uso de um alternador ou de um grupo gerador de maior capacidade para alimentar a carga corretamente.

As cargas reativas que provoquem um fator de potência "adiantado" (*leading*) podem ser problemáticas, e causar danos aos alternadores, às cargas ou aos equipamentos de proteção. As fontes mais comuns para o "adiantamento" do fator de potência são sistemas UPS levemente carregados que utilizam filtros de harmônicos na entrada da linha ou dispositivos para correção do fator de potência (bancos de capacitores) utilizados com os motores. Deve ser evitado o uso de cargas que adiantam o fator de potência em sistemas de energia com grupos geradores. A capacitância do sistema torna-se uma fonte de excitação para o gerador e a perda do controle de tensão pode se tornar um problema. Recomenda-se que os sistemas para correção do fator de potência sejam conectados e desconectados juntamente com a carga. Consulte o ítem "*Cargas que aumentam o Fator de Potência*", na seção *"Projeto Elétrico".*

Cargas monofásicas e balanceamento das cargas

As cargas monofásicas devem ser distribuídas de maneira tão uniforme quanto possível entre cada uma das três fases de um grupo gerador trifásico, com o propósito de utilizar plenamente a capacidade do gerador e limitar o desbalanceamento de tensão. Por exemplo, um desbalanceamento de carga monofásica de apenas 10% pode exigir a limitação da carga trifásica balanceada para não mais que 75% da capacidade nominal. Para ajudar a evitar o superaquecimento e falhas prematuras do isolamento em motores trifásicos, o desbalanceamento de tensão deve ser mantido abaixo do limite de 2%, aproximadamente. Consulte o ítem "*Cálculo do desbalanceamento permitido em Cargas Monofásicas*", na seção *"Projeto Elétrico"*.

Página deixada intencionalmente em branco

CAPÍTULO 4

4 – SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO 37
Descritivo 37
Alternadores CA 37
Tensão 37
Baixa tensão 37
Média tensão 37
Isolamento e Classificações 37
Enrolamentos e Conexões 40
Reconectável 40
Faixa ampla 40
Faixa estendida 40
Faixa limitada 40
Maior capacidade de partida de motores 40
Fundamentos e Excitação 40
Geradores auto-excitados 41
Geradores excitados separadamente 42
Carga transiente 42
Curvas de saturação do gerador 43
Resposta do sistema de excitação 43
Resposta à partida de motores 44
Potência do gerador (kVA) para alimentação de um motor com o rotor travado 44
Queda na tensão sustentada 46
Resposta à falha 47
Temperaturas dos enrolamentos em curto-circuito 48
Motores 49
Governadores 49
Governadores Mecânicos 49
Governadores Eletrônicos 49
Sistemas de Partida de Motores 50
Partida com bateria 50
Distribuição das baterias de partida 50
Sistema partida do grupo gerador utilizando ar comprimido 53
Controles 54
Sistemas de controle baseados em relés 54
Sistemas de controle baseados em circuitos eletrônicos (Microprocessadores) 54
Circuitos eletrônicos com “Autonomia Plena” 55
Opcionais para o sistema de controle 55
Acessórios e opcionais 55
Recursos de Segurança e Alertas de Controle 55
Disjuntores 56
Interruptor em caixa moldada 56
Caixas de entrada 56
Disjuntores múltiplos 56
Baterias e carregadores de baterias 56
Sistemas de escape e de silencioso 57
Carenagens 58

Carenagem de proteção contra intempéries 58
Carenagem de acústica 58
Carenagem “walk-in” 58
Regiões litorâneas 58
Configurações alternativas de arrefecimento eventilação 58
Classificações dos sistemas de arrefecimento 58
Alternativas de Arrefecimento Remoto 59
Radiador Remoto 59
Trocador de Calor 59
Sistemas de controle do nível do óleo lubrificante 59
Dispositivos de aquecimento “Standby” para grupos geradores 59
Partida a frio e aceitação de carga 59
Aquecedores do líquido de arrefecimento 60
Aquecedores de óleo e de combustível 61
Aquecedores anti-condensação 61
Tanques de Combustível (Diesel) 61
Tanques diários 61
Tanques sob a base 61
Montagem dos Isoladores de Vibração 61
Painéis de Transferência 62
Dispositivos necessários para o paralelismo de gruposgeradores 62
Necessidade de equipamentos adicionais 62

Página deixada intencionalmente em branco

Diretrizes Adicionais

Ajuste às condições ambientais

Em ambientes onde a atmosfera apresente alto teor de salinidade (maresia), existe grande possibilidade de se formarem depósitos de cloreto de sódio (sal) nos enrolamentos, sobre superfícies de metal não tratado (não necessariamente não-ferroso), etc., o que levará ao surgimento de dois problemas associados: a corrosão e a absorção higroscópica da umidade do ar, que irá prejudicar o isolamento elétrico. É importante remover a maior quantidade possível de umidade atmosférica de dentro do compartimento do gerador, especialmente nos locais por onde o ar úmido entra, assim como, no local por onde ele sai, evitando que haja condensação.

O procedimento recomendado é fazer com que o ar passe por venezianas bem como por um sistema de calhas que proporcionem um caminho sinuoso e reduzam o máximo possível a velocidade de admissão. Isso fará com que as partículas de umidade se condensem durante o processo de admissão do ar para dentro do gabinete do motor. Evidente, isso não eliminará toda a umidade do ar, havendo assim uma quantidade residual de umidade. A maior parte desta umidade deverá ser impedida de entrar em contato direto com a traseira do alternador, e, para isso, deve ser utilizado um defletor de ar. Parte do ar que circula deve ser dirigido para o alternador, todavia, este ar deve ser dirigido de maneira correta de modo a evitar a sua recirculação. Todo este arranjo de defletores de ar fará com que hajam trajetos sinuosos adicionais, havendo assim mais condensação e precipitação da umidade do ar antes da entrada no alternador. A criação deste sistema sinuoso de entrada de ar pode reduzir significativamente o fluxo, portanto, é recomendada a criação de um modelo de fluxo de ar antes da construção do compartimento de proteção (carenagem).

O compartimento do grupo gerador deve conter aquecedores, dimensionados para aumentar a sua temperatura interna em, pelo menos, 5°C acima da temperatura ambiente, e, estes aquecedores devem ser acionados por controladores de temperatura conectados à sensores de temperatura e de umidade (ponto de orvalho). Considere o condicionamento de ar do compartimento do motor para quando o clima estiver quente e úmido pois isso pode reduzir efetivamente a umidade sem aquecer indevidamente o ambiente dentro do compartimento. É importante lembrar que controlar o condicionamento de ar usando uma combinação de controles de temperatura e ponto de orvalho economizará o consumo de energia. Aquecedores anti-condensação dentro de alternadores são obrigatórios para este tipo de aplicação. Devem ser conectados a uma fonte de energia de capacidade adequada e, devem ser acionados sempre que as condições atmosféricas favorecerem a ocorrência de condensação e somente quando o gerador for estacionário.

O compartimento (carenagem) de proteção do grupo gerador deve possuir venezianas com molas que se fechem automáticamente e o mais rápido possível sempre que o equipamento for desligado. Todas as peças do compartimento devem ser galvanizadas, receber pintura eletrostática à pó ou serem pintadas com alguma tinta resistente ao sal para evitar a corrosão. Um cuidado especial deve ser tomado naquelas áreas onde a umidade possa se alojar.

Água dentro do compartimento

É fundamental evitar que haja condensação e se forme qualquer poça de água debaixo do alternador. Numa situação dessas, o fluxo de ar que passa pelo grupo gerador dará origem à uma turbulência embaixo da máquina e irá gerar gotículas de água, possivelmente contaminadas com óleo, combustível, líquido de arrefecimento e sal; que podem entrar na máquina. Caso se observe a formação de pequenas poças de água debaixo do alternador, considere a instalação de um defletor para evitar que gotículas sejam drenadas para dentro da admissão de ar do alternador.

Proteção do enrolamento do alternador

Alguns modelos de alternadores da Cummins Generator Technologies podem ser fornecidos com um tratamento contra impregnações que podem ocorrer em ambientes hostis. Isso irá porporcionar uma proteção adicional contra umidade nos enrolamentos. Este tratamento adicional é aplicado somente no estator principal e, irá resultar em uma perda de 3 - 5% da classificação “Prime” (150/163 classe de temperatura), embora não haja qualquer perda intrínseca neste processo para classificação “Continuous” (105/125 classe de temperatura). Isto não deve ser considerado como sendo um “método substituto” para o tratamento ambiental descrito acima, é um “equivalente”. Há um custo adicional para este tratamento, pois este aumenta o tempo de impregnação e os materiais.

Proteção de peças internas de metal

A Cummins Generator Technologies tem condições de providenciar um tratamento adicional para superfícies de metal expostas (sem pintura) localizadas no interior da máquina. Isso inclui o eixo do motor, os vários componentes montados sobre o eixo, bem como a carcaça da máquina. Haverá um custo adicional para este tratamento de superfície.

Operação do alternador

A máquina deve ser dimensionada e os controles de sistema programados para que o alternador opere em carga suficiente para assegurar que os enrolamentos atinjam e mantenham uma temperatura de, pelo menos, 100°C. Esta temperatura de funcionamento deve ser atingida mesmo nas condições de mais baixa temperatura ambiente que possam ser encontradas no local onde o grupo gerador será instalado. Esta condição para a temperatura de funcionamento do alternador ajudará a manter os seus enrolamentos numa condição livre de umidade.

Cargas não-lineares

Em aplicações onde há predominância de cargas não-lineares, a Cummins Generator Technologies recomenda que, caso sejam usadas as máquinas P7x, elas sejam especificadas como PE7 (projeto de geração incorporado da máquina). O projeto dos alternadores PE7 lhes confere melhor adaptação em instalações com cargas não-lineares. A máquina deve ser dimensionada segundo a classificação classe F. Isto irá resultar em um menor aquecimento para o rotor, além de uma uma menor reatância eficaz da máquina. Como resultado, será produzida uma saída de tensão com uma melhor forma de onda.

Filtros

A Cummins Generator Technologies não recomenda filtros em aplicações onde o ingresso de água é um problema - filtros devem ser usados para remover pó seco somente. Os filtros ficarão encharcados rapidamente e restringirão a admissão de ar e depois de desligado, a água contida no filtro tenderá a fazer a atmosfera dentro do alternador muito úmida o que pode originar o crescimento de mofo.

Regime de manutenção

Regime de manutenção corresponde ao procedimento de se acionar o alternador até a sua temperatura normal de funcionamento (enrolamentos à, pelo menos, 100°C), uma vez ao mês, por intervalos de 4 horas ou mais. Este procedimento fará com que os enrolamentos de alternador sejam mantidos livres de umidade e irá impedir o surgimento de fungos (mofo).

Enrolamentos e Conexões

Os alternadores são fornecidos com diversas configurações de enrolamentos e de conexões. Entender a terminologia utilizada ajudará na escolha do melhor equipamento para uma determinada aplicação.

Reconectável: Muitos alternadores são projetados com cabos individuais de saída dos enrolamentos das fases separadas e que podem ser reconectados nas configurações de Estrela ou Triângulo. Estes são chamados comumente de alternadores com 6 cabos. Em geral, alternadores reconectáveis possuem seis enrolamentos separados, dois para cada fase, que podem ser reconectados em série ou em paralelo, e nas configurações de estrela ou triângulo. Estes alternadores são chamados de reconectáveis com 12 cabos. Alternadores deste tipo são fabricados visando principalmente a flexibilidade e a eficiência no processo de fabricação, e são conectados e testados ainda na fábrica conforme a configuração desejada.

Faixa ampla: Alguns alternadores são projetados para produzir uma ampla faixa de tensões nominais de saída, tais como, uma faixa de 208 a 240 volts ou de 190 a 220 volts, necessitando apenas de um ajuste do nível de excitação. Quando combinados com o recurso de reconexão, estes são chamados de ***Reconectáveis de Faixa Ampla***.

Faixa estendida: Este termo refere-se a alternadores projetados para produzir uma faixa de tensões maior do que aquela oferecida pelos alternadores de faixa ampla. Onde um alternador de faixa ampla pode produzir nominalmente 416-480 volts, um de faixa estendida pode produzir 380-480 volts.

Faixa limitada: Como o próprio nome sugere, os alternadores de faixa limitada possuem um ajuste muito limitado de faixa de tensão nominal (por exemplo 440-480 volts) ou podem ser projetados para produzir apenas uma tensão nominal e, com conexões específicas, tais como, 480 volts em Estrela.

Maior capacidade de partida de motores: Este termo é usado para descrever um alternador de maior capacidade ou com características e enrolamentos especiais, que tenham maior capacidade de gerar corrente e, sejam capazes de dar a partida de motores elétricos (carga). Conforme foi mencionado anteriormente, o aumento da capacidade de partida de motores também pode ser obtido escolhendo-se um alternador com uma classe de temperatura menor.

Fundamentos e Excitação

É desejável algum conhecimento sobre os fundamentos de geradores de CA e dos sistemas de excitação dos geradores em relação à resposta a cargas transientes, interação do regulador de tensão com a carga e a resposta do sistema de excitação às falhas de saída do gerador.

Um gerador converte energia mecânica em energia elétrica. O gerador consiste essencialmente de um rotor e de um induzido, como mostrado na seção em corte da **Figura 4-1**. O rotor transporta o campo magnético do gerador (mostrado como quatro pólos), o qual é posto em rotação pelo motor mecânico. O campo magnético é alimentado por uma fonte de CC (corrente contínua) chamada de excitador, a qual é conectada aos terminais “+” e “-” dos enrolamentos do campo. O gerador é construído de tal forma que as linhas de força do campo magnético cortam perpendicularmente os enrolamentos do induzido quando o motor gira o rotor, induzindo uma tensão nos elementos do enrolamento do induzido. A tensão em quaisquer elementos do enrolamento é invertida toda vez que a polaridade é mudada (duas vezes a cada rotação em um gerador de quatro pólos).

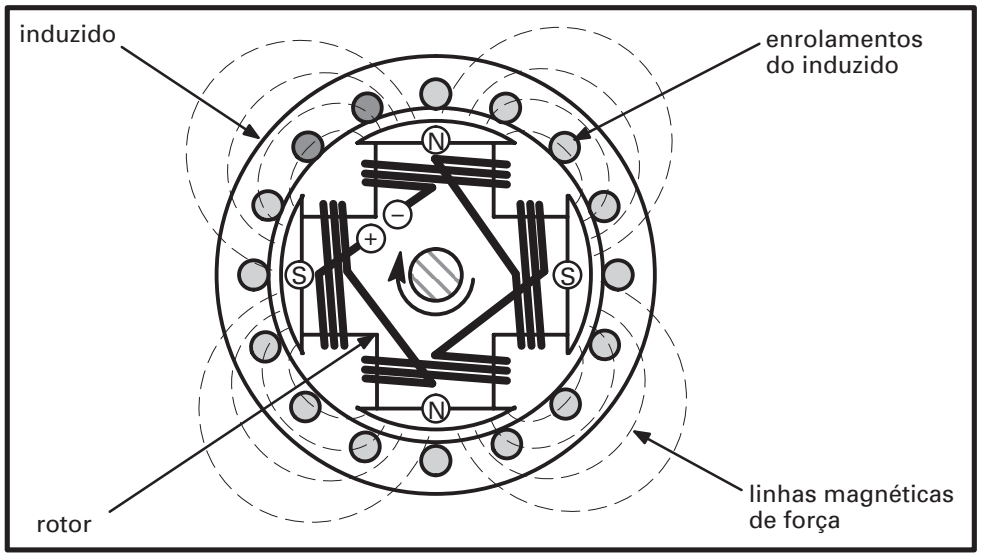


Figura 4-1. Seção transversal de um gerador de 4 pólos.

Normalmente, um gerador tem quatro vezes mais “bornes de enrolamento” do que o mostrado e é “enrolado” para obter uma saída senoidal, alternante, monofásica ou trifásica.

A tensão induzida em cada elemento do enrolamento depende da intensidade do campo (que pode ser representada por uma densidade maior das linhas de força), da velocidade de rotação com que as linhas de força cortam os elementos do enrolamento, e do “comprimento do enrolamento”. Assim sendo, para variar o valor da tensão de saída em um gerador de um determinado tamanho e com uma determinada velocidade de rotação, é necessário variar a intensidade do campo magnético. Isto é feito pelo regulador de tensão, que controla a saída de corrente do excitador.

Os geradores podem ser equipados com sistemas de excitação auto-excitados ou excitados separadamente (PMG).

Geradores auto-excitados: O sistema de excitação de um gerador auto-excitado é alimentado através do regulador automático de tensão, recebendo a tensão de alimentação (ponte) a partir da saída do próprio gerador. O regulador de tensão analisa a tensão e a freqüência de saída do gerador, compara as mesmas com valores de referência e então fornece uma saída de CC (corrente contínua) regulada ao excitador dos enrolamentos do campo. O campo magnético do excitador induz uma saída de CA (corrente alternada) no rotor do excitador, o qual gira no eixo do gerador acionado pelo motor. A saída do excitador é retificada pelos diodos giratórios, também no eixo do gerador, para fornecer a CC para o rotor principal (campo do gerador). O regulador de tensão aumenta ou diminui a corrente do excitador à medida que detecta mudanças na tensão e na freqüência de saída resultantes da mudança de carga, aumentando ou diminuindo a intensidade do campo do gerador.

A saída do gerador é diretamente proporcional à intensidade do seu campo magnético. Veja um diagrama esquemático na **Figura 4-2**.

Normalmente, o sistema de excitação de um gerador auto-excitado é o sistema menos dispendioso de todo o conjunto. O mesmo apresenta um bom funcionamento sob todas as condições de operação, contanto que o grupo gerador tenha sido adequadamente dimensionado para a aplicação. A vantagem de um sistema auto-excitado sobre um sistema excitado separadamente é que o sistema auto-excitado é “inerentemente auto-protetor” caso ocorra um curto-circuito simétrico porque o campo “colapsa”. Devido a isso, a instalação de um disjuntor da linha principal para a proteção do gerador e dos condutores no primeiro nível de distribuição pode não ser necessário, e, além disso, pode reduzir o custo do sistema instalado.

As desvantagens de um sistema auto-excitado são:

- Pode ser necessário selecionar um gerador de maior porte para garantir um desempenho aceitável em operações de partida do motores.
- As alternadores auto-excitados utilizam um campo magnético residual para entrar em funcionamento. Se este magnetismo residual não for intenso o suficiente, será necessário providenciar, momentâneamente, uma fonte externa CC de energia para compensar esta baixa intensidade do campo magnético residual.
- Este tipo de sistema pode não ser capaz de sustentar correntes transientes por um período de tempo longo o bastante para evitar que os disjuntores sejam desarmados.

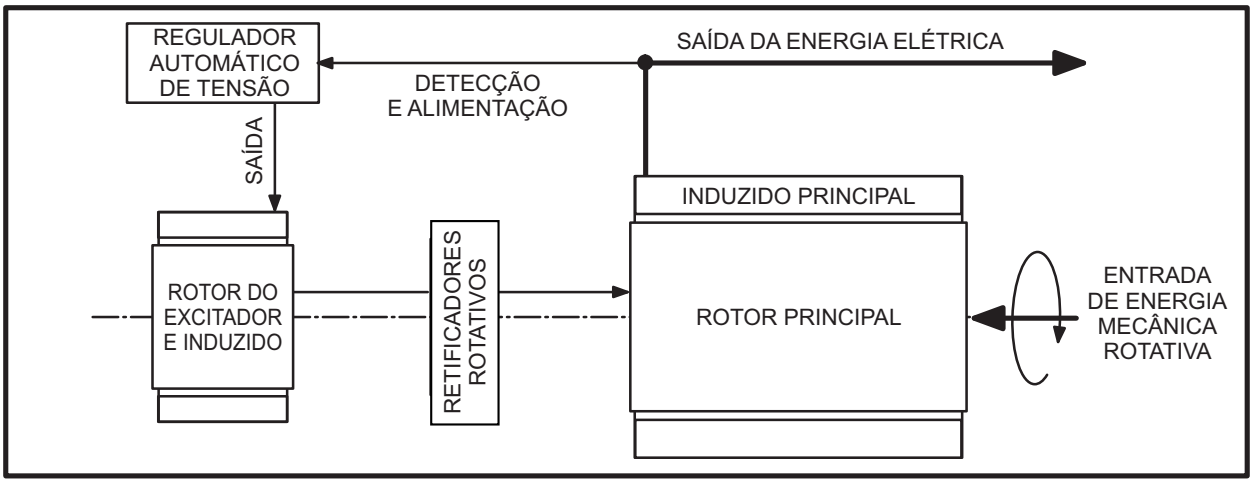


Figura 4-2. Gerador auto-excitado.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

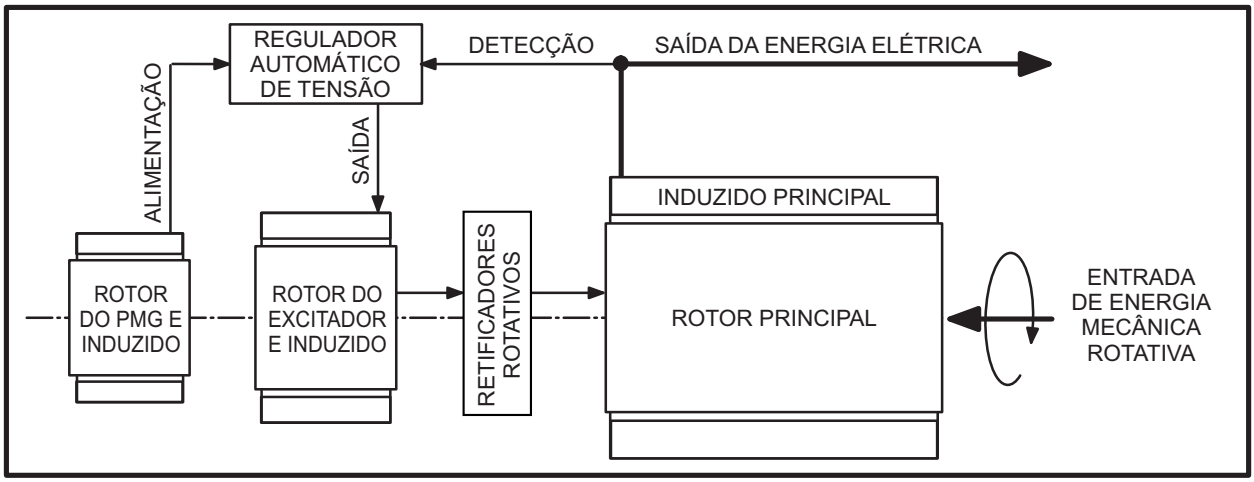


Figura 4-3. Gerador excitado separadamente (PMG).

Geradores excitados separadamente: O sistema de excitação de um gerador excitado separadamente é similar ao de um gerador auto-excitado com a diferença de que um gerador com imã permanente (PMG) localizado na extremidade do eixo do gerador principal alimenta o regulador de tensão. Veja a **Figura 4-3**. Por ser uma fonte separada de energia, o circuito de excitação não é afetado pelas cargas conectadas ao gerador. O gerador é capaz de sustentar duas ou três vezes a sua corrente nominal por cerca de dez segundos. Por este motivo, recomenda-se a utilização de geradores excitados separadamente para aplicações que requerem melhor capacidade para efetuar de partidas do motores (carga), bom desempenho com cargas não-lineares ou bom desempenho em instalações onde possam, eventualmente, ocorrer curto-circuitos prolongados.

Para alternadores equipados com este tipo de sistema de excitação é necessário proteger o gerador contra eventuais situações de falha, uma vez que eles podem operar continuamente até serem irremediavelmente danificados. O Sistema de Controle PowerCommand com AmpSentry™ oferece esta proteção regulando a corrente de curto-circuito sustentado e desligando o grupo gerador caso a corrente de falha persistir antes que o alternador seja danificado. Consulte a seção *Projeto Elétrico* para mais detalhes.

Carga transiente: Independentemente do tipo de sistema de excitação, um grupo gerador é uma fonte limitada de energia tanto em termos de potência do motor (kW) quanto em termos de potência do gerador (kVA). Por este motivo, mudanças na carga poderão causar oscilações transientes de tensão e de freqüência. A magnitude e a duração destas oscilações são afetadas, principalmente, pelas características da carga e pelo tamanho do alternador em relação à carga. Um grupo gerador é uma fonte de impedância relativamente alta quando comparado com um transformador típico de uma empresa fornecedora de energia.

A **Figura 4-4** mostra o comportamento típico da tensão durante a conexão e desconexão de cargas ao gerador. No lado esquerdo do gráfico, o valor da tensão estável sem carga corresponde a 100% da tensão nominal. Quando uma carga é conectada, ocorre imediatamente uma queda de tensão. O regulador de tensão detecta esta queda de tensão e reage aumentando a corrente de campo para fazer com que o gerador retorne à sua tensão nominal. O tempo de recuperação da tensão corresponde ao intervalo de tempo entre a aplicação da carga e o retorno da tensão à faixa de tensão regulada (mostrada como ±2%). Normalmente, a queda de tensão varia entre 15 a 45% da tensão nominal quando 100% da carga classificada do grupo gerador (com FP 0,8) é conectada de uma única vez. O retorno ao valor de tensão nominal ocorre entre 1 e 10 segundos, dependendo do tipo da carga e do projeto do grupo gerador.

A diferença mais significativa entre a energia proveniente de um grupo gerador e a energia fornecida pela concessionária (principal) é que quando uma carga é conectada subitamente à rede elétrica da concessionária, em geral, não há variação de freqüência. Quando uma carga é conectada a um grupo gerador, a velocidade de rotação do seu eixo sofre uma redução e, consequentemente, a freqüência da máquina é reduzida. O equipamento deve detectar esta mudança na velocidade de rotação e reajustar sua taxa de admissão de combustível para se ajustar ao seu novo nível de carga.

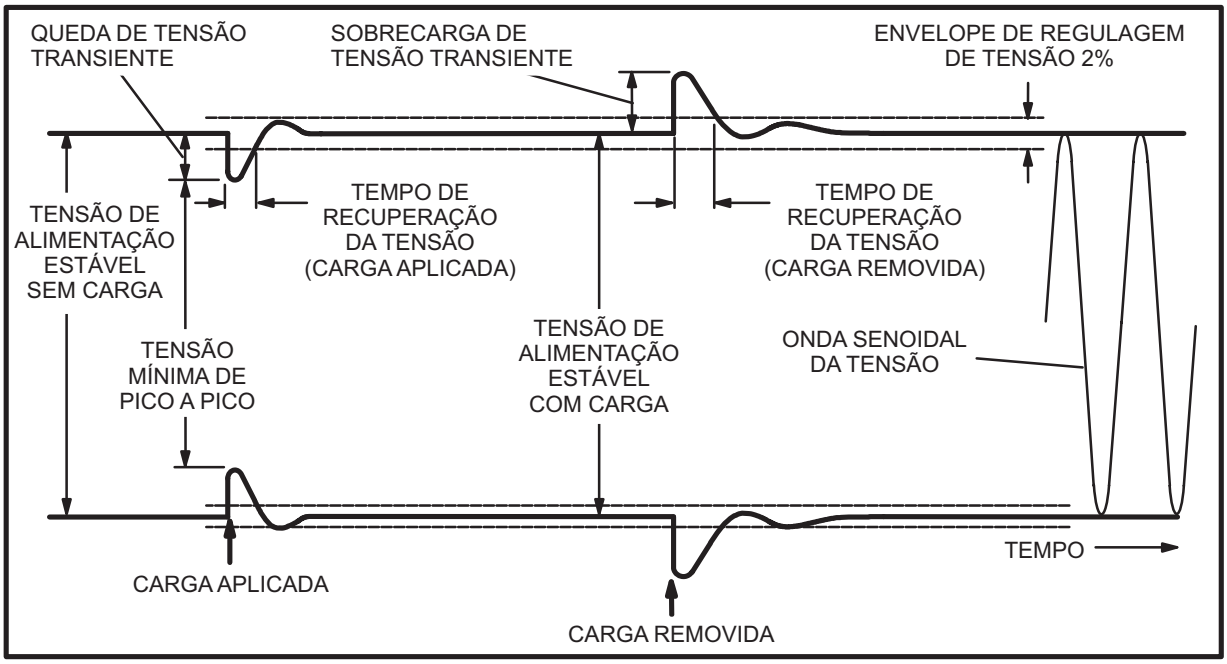

QUEDA DE TENSÃO TRANSIENTE
SOBRECARGA DE TENSÃO TRANSIENTE
ENVELOPE DE REGULAGEM DE TENSÃO 2%
TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO ESTÁVEL SEM CARGA
TEMPO DE RECUPERAÇÃO DA TENSÃO (CARGA APLICADA)
TEMPO DE RECUPERAÇÃO DA TENSÃO (CARGA REMOVIDA)
TENSÃO MÍNIMA DE PICO A PICO
TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO ESTÁVEL COM CARGA
ONDA SENOIDAL DA TENSÃO
TEMPO
CARGA APLICADA
CARGA REMOVIDA

Figura 4-4. Perfil típico da tensão durante a conexão ou desconexão de uma carga.

Até que seja encontrado um ponto de equilíbrio entre a nova carga e uma nova taxa de consumo de combustível, a freqüência gerada será diferente da nominal. Normalmente, a queda no valor da freqüência varia entre 5 a 15% do valor da freqüência nominal, quando 100% da carga nominal é conectada em uma única etapa. O processo de recuperação do valor da freqüência nominal pode levar vários segundos.

Nota: Nem todos os grupos geradores tem capacidade para serem conectados ao conjunto completo de cargas em uma única etapa.

O desempenho de grupos geradores varia em função das diferenças nas características do regulador de tensão, do tempo de resposta do governador, do projeto do sistema de combustível quanto à aspiração do motor (natural ou turbo-comprimido) e na forma como os motores (carga) são combinados. Um fator importante no projeto de um grupo gerador é a limitação das oscilações de tensão e freqüência dentro de intervalos aceitáveis.

Curvas de saturação do gerador: As curvas de saturação do gerador mostram a tensão de saída do gerador, para diferentes cargas, à medida em que é modificada a corrente no enrolamento do campo. Para um gerador típico mostrado como exemplo, a curva de saturação **A**, sem carga, intersecciona a linha de tensão nominal do grupo gerador quando a corrente do campo for de aproximadamente 18 ampères. Ou seja, são necessários cerca de 18 ampères de corrente de campo para manter a tensão nominal de saída do gerador sem carga.

A curva de saturação **B,** com carga plena, mostra que são necessários aproximadamente 38 ampères de corrente de campo para manter a tensão nominal de saída do gerador quando o fator de potência com carga plena é 0,8. Veja a **Figura 4-5**.

Resposta do sistema de excitação: A corrente de campo não pode ser modificada instantaneamente em resposta à mudanças de carga. O regulador, a excitação do campo e o campo principal têm, cada um deles, constantes de tempo que se somam, e, levam à um atraso na resposta do gerador. O regulador de tensão tem uma resposta relativamente rápida, enquanto que o campo magnético principal tem uma resposta significativamente mais lenta do que o campo do excitador, pois ele é muitas vezes mais intenso. Deve-se observar que a resposta de um sistema auto-excitado é aproximadamente igual a de um sistema excitado separadamente, pelo motivo de que as constantes de tempo para o campo principal e para o campo do excitador são os fatores mais significativos, além disso, são comuns a ambos os sistemas.

A intensidade do campo é calculada considerando-se todos os componentes do sistema de excitação com o objetivo de otimizar o tempo de retomada da tensão e da freqüência nominais. A intensidade do campo deve ser suficiente para minimizar o tempo de retomada, todavia, não tanto a ponto de provocar uma instabilidade (ultrapassar) ou superar a capacidade de retomada do motor do grupo gerador,o qual é uma fonte limitada de energia. Veja a **Figura 4-6**.

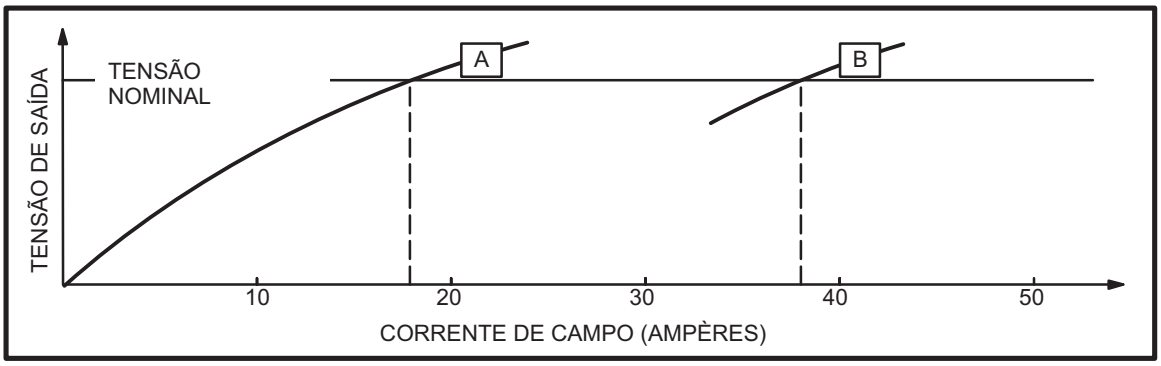


Figura 4-5. Curvas típicas de saturação do gerador.

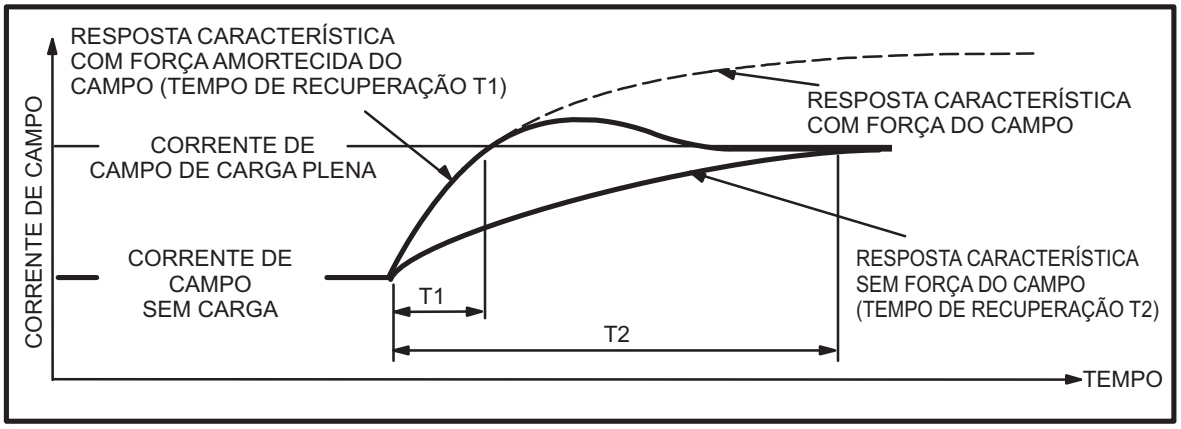

RESPOSTA CARACTERÍSTICA COM FORÇA AMORTECIDA DO CAMPO (TEMPO DE RECUPERAÇÃO T1)
RESPOSTA CARACTERÍSTICA COM FORÇA DO CAMPO
CORRENTE DE CAMPO DE CARGA PLENA
CORRENTE DE CAMPO SEM CARGA
RESPOSTA CARACTERÍSTICA SEM FORÇA DO CAMPO (TEMPO DE RECUPERAÇÃO T2)
CORRENTE DE CAMPO
T1
T2
TEMPO

Figura 4-6. Características de resposta do sistema de excitação.

Resposta à partida de motores: Quando se dá partida em motores elétricos (carga), ocorre uma queda repentina de tensão que consiste, principalmente, de uma combinação da queda de tensão instantânea causada pela baixa impedância de partida do motor elétrico, combinada com a queda de tensão resultante da resposta do sistema de excitação. A **Figura 4-7** ilustra estes dois componentes que, combinados, correspondem a queda de tensão transiente. A queda de tensão instantânea é simplesmente o produto do valor da corrente elétrica com o rotor do motor elétrico travado pelo valor da reatância subtransiente do grupo gerador. Esta queda de tensão ocorre antes que o sistema de excitação possa responder com um aumento da corrente de campo e, conseqüentemente, esta queda de tensão não é afetada pelo tipo de sistema de excitação. Esta queda inicial de tensão pode ser seguida por uma queda posterior causada pela função de "casamento de torque" do regulador de tensão que reduz a tensão para não sobrecarregar o motor do grupo gerador caso seja detectada uma redução significativa da velocidade rotação. Um grupo gerador deve ser projetado de modo a otimizar o tempo de retomada e, ao mesmo tempo, evitar quaisquer instabilidades ou evitar que haja um esforço excessivo do motor do grupo gerador.

Potência do gerador (kVA) para alimentação de um motor com o rotor travado: A corrente de partida de um motor elétrico (rotor travado) corresponde a aproximadamente seis vezes a sua corrente nominal, e, não é reduzida significativamente até a velocidade de rotação do motor se aproximar da sua rotação nominal, como é mostrado na **Figura 4-8**. Este pico de corrente num motor elétrico (carga) causa uma queda de tensão no gerador. Além disso, a potência exigida por um motor elétrico durante a sua partida atinge aproximadamente três vezes o valor da potência nominal do motor quando este atinge cerca de 80% da sua velocidade de rotação nominal. Se o motor (mecânico) do grupo gerador não tiver três vezes a potência nominal do motor elétrico que está iniciando a partida, o regulador de tensão reduzirá a tensão do gerador para para evitar que o motor (mecânico) do grupo gerador seja forçado além de sua capacidade. Enquanto o torque do motor (mecânico) for maior que o torque exigido pela carga, durante o período de aceleração, o motor do grupo gerador será capaz de gerar energia e acelerar a carga até a sua velocidade de rotação máxima. Em geral, a retomada para 90% da tensão nominal (81% do torque do motor) é considerada aceitável pois resulta apenas em um leve aumento no tempo de aceleração do motor.

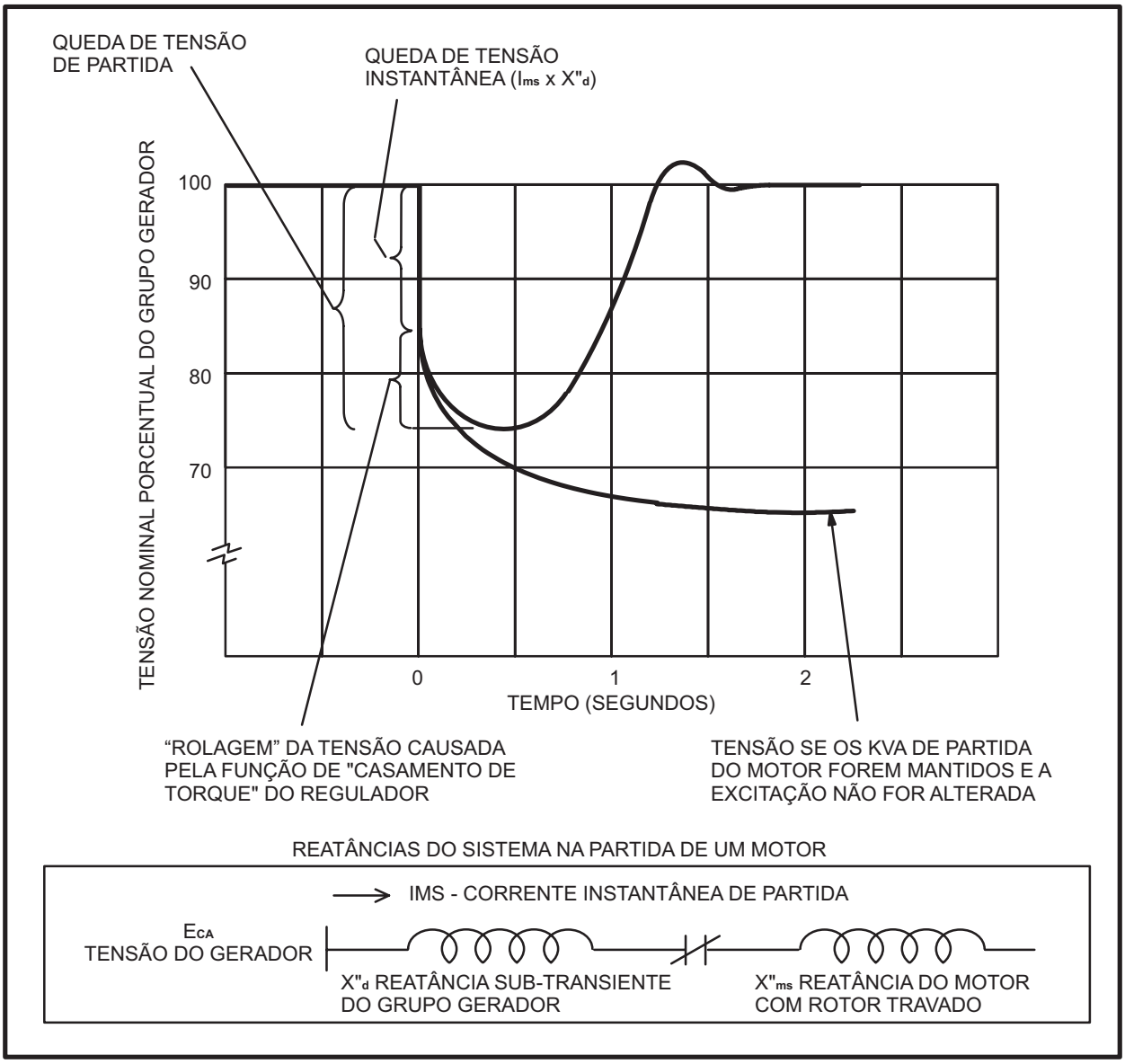

QUEDA DE TENSÃO DE PARTIDA
QUEDA DE TENSÃO INSTANTÂNEA (Ims x X"d)
TENSÃO NOMINAL PORCENTUAL DO GRUPO GERADOR
100
90
80
70
0
1
2
TEMPO (SEGUNDOS)
"ROLAGEM" DA TENSÃO CAUSADA PELA FUNÇÃO DE "CASAMENTO DE TORQUE" DO REGULADOR
TENSÃO SE OS KVA DE PARTIDA DO MOTOR FOREM MANTIDOS E A EXCITAÇÃO NÃO FOR ALTERADA
REATÂNCIAS DO SISTEMA NA PARTIDA DE UM MOTOR
IMS - CORRENTE INSTANTÂNEA DE PARTIDA
ECA
TENSÃO DO GERADOR
X"d REATÂNCIA SUB-TRANSIENTE DO GRUPO GERADOR
X"ms REATÂNCIA DO MOTOR COM ROTOR TRAVADO

Figura 4-7. Queda transiente de tensão.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

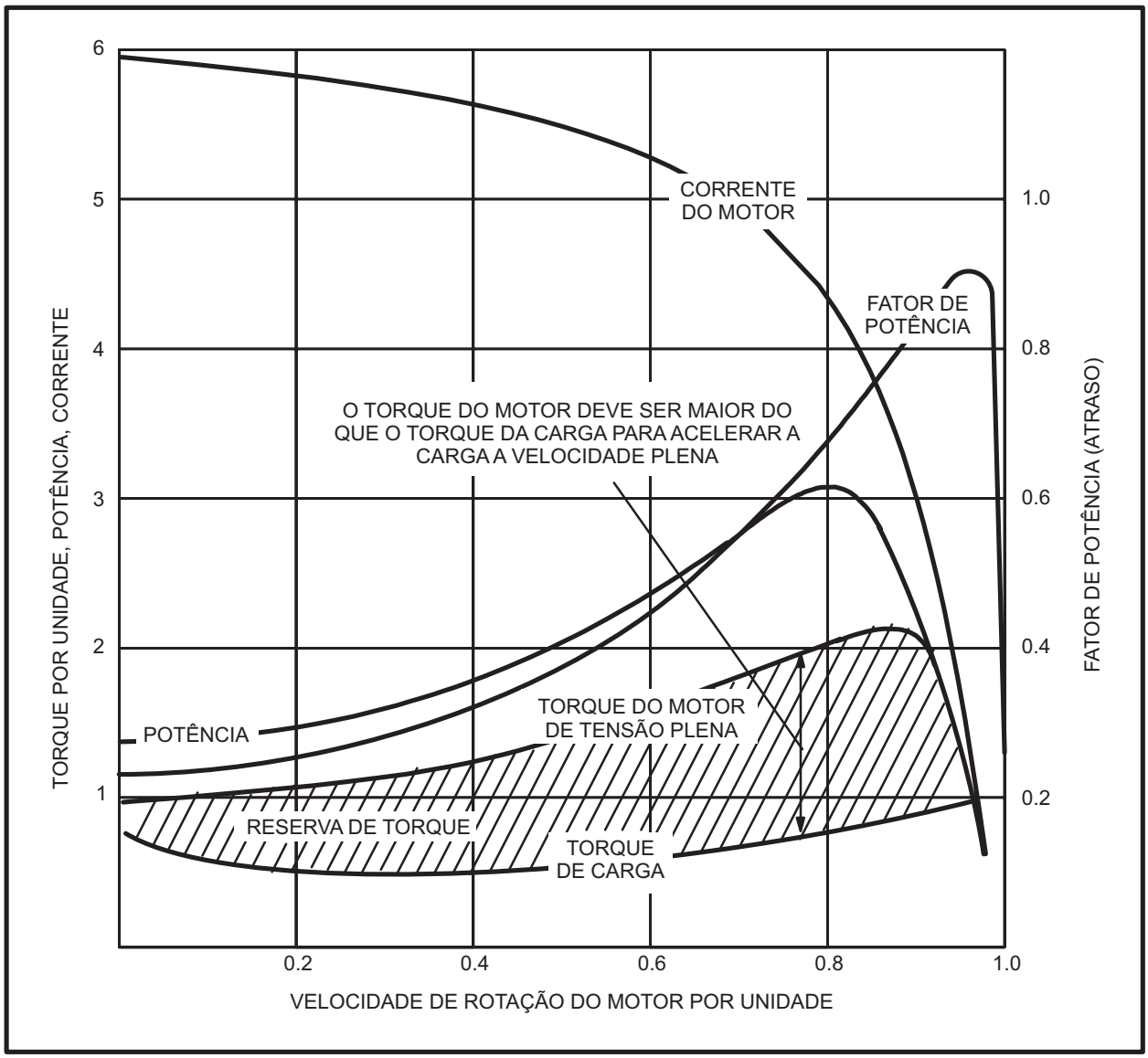


Figura 4-8. Curvas características típicas para a partida direta de um motor elétrico. (100% da tensão nominal do motor aplicada aos seus terminais)

Queda na tensão sustentada: Após um período de tempo relativamente curto (normalmente menos de 10 ciclos, mas podendo chegar até vários segundos), quando ocorre a queda transiente abrupta de tensão, segue-se um período de recuperação da tensão, conforme o ilustrado na **Figura 4-9**. O valor máximo de potência (em kVA) para a partida de um motor elétrico (carga), apresentado na Folha de Especificações Técnicas do grupo gerador, corresponde ao valor máximo de potência (em kVA) que o gerador pode sustentar e, ainda, retomar até 90% da sua tensão nominal, como mostra a **Figura 4-10**.

Deve-se notar que isto corresponde somente ao desempenho combinado do alternador, do excitador e do regulador automático de tensão. O desempenho um grupo gerador para efetuar a partida de motor elétrico depende também do motor (mecânico) do grupo gerador, do governador, do regulador de tensão, e também do gerador.

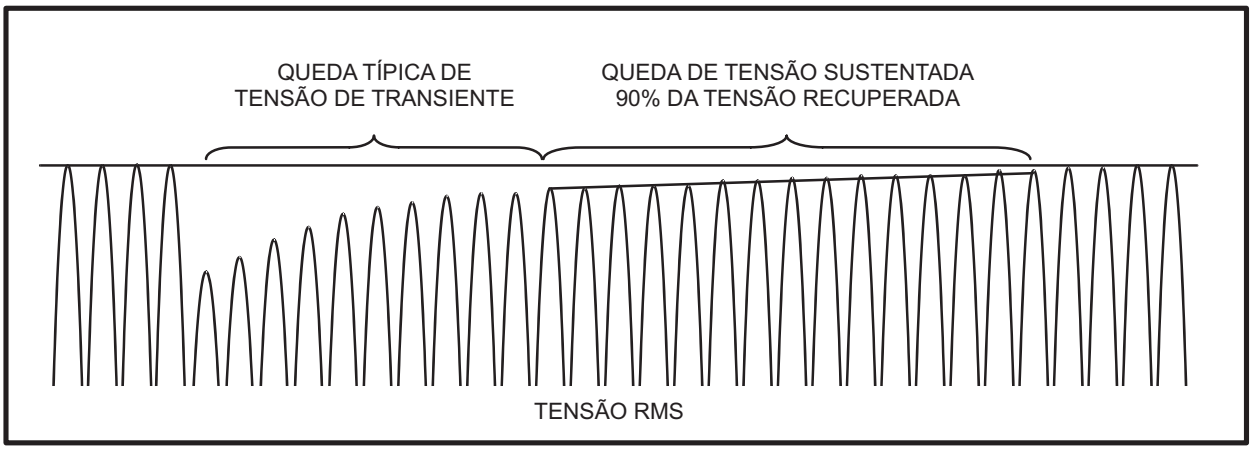


Figura 4-9. Queda no valor da tensão sustentada.

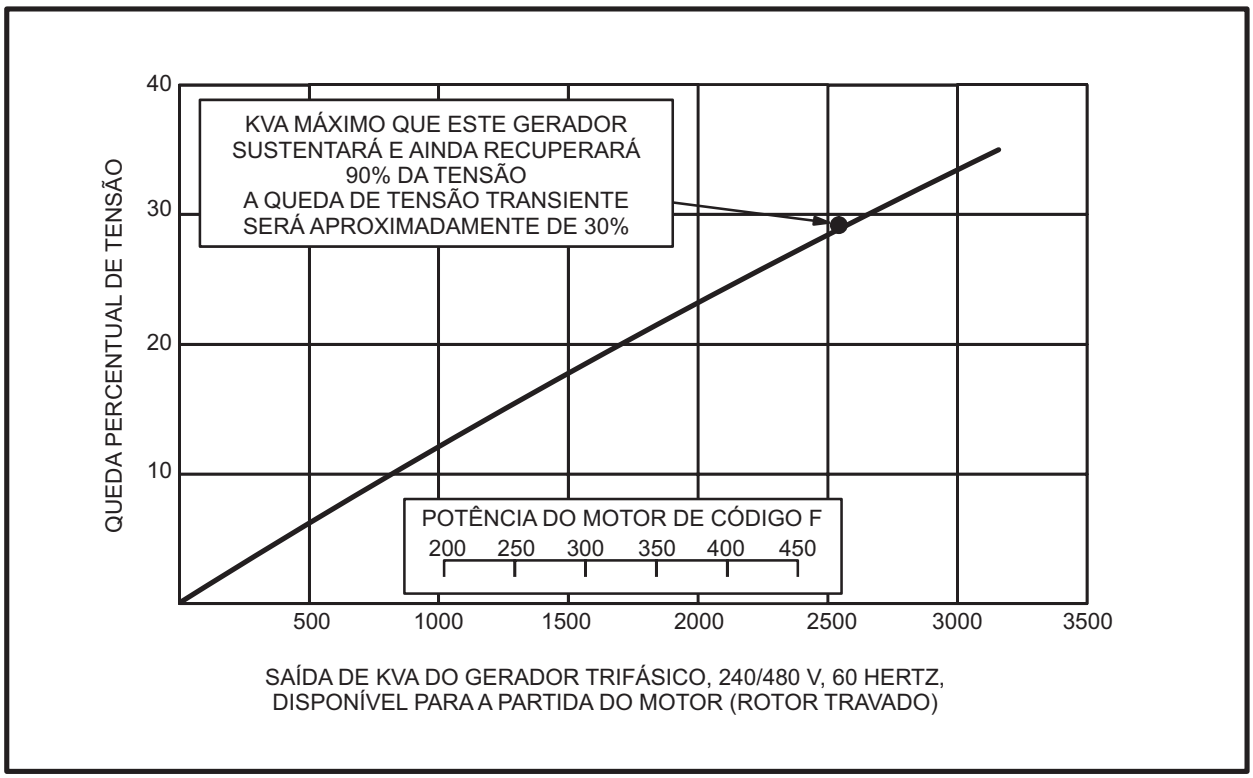

KVA MÁXIMO QUE ESTE GERADOR SUSTENTARÁ E AINDA RECUPERARÁ 90% DA TENSÃO A QUEDA DE TENSÃO TRANSIENTE SERÁ APROXIMADAMENTE DE 30%
POTÊNCIA DO MOTOR DE CÓDIGO F
200 250 300 350 400 450
QUEDA PERCENTUAL DE TENSÃO
40
30
20
10
500 1000 1500 2000 2500 3000 3500
SAÍDA DE KVA DO GERADOR TRIFÁSICO, 240/480 V, 60 HERTZ, DISPONÍVEL PARA A PARTIDA DO MOTOR (ROTOR TRAVADO)

Figura 4-10. Gráfico da queda transiente de tensão em função da potência de partida do motor (kVA).

Resposta à falha: Os geradores auto-excitados e excitados separadamente respondem de maneiras diferentes às situações de falha. Um gerador auto-excitado é chamado de gerador de "campo colapsante" porque seu campo magnético entra em colapso quando os terminais de saída do gerador entram em curto (todas as 3 fases em curto ou L-L em curto através do sensoriamento de fases). Um gerador excitado separadamente pode sustentar o seu próprio campo magnético durante um curto-circuito porque a excitação é fornecida por um gerador de imã permanente que funciona em separado.

A **Figura 4-11** ilustra a resposta típica de corrente à um curto-circuito simétrico entre as três fases, tanto para geradores auto-excitados, como para geradores excitados separadamente. A corrente inicial durante um curto-circuito pode atingir de 8 a 10 vezes a corrente nominal do gerador e ela é uma função recíproca da reatância subtransiente do gerador, $1/X"_d$. Para os primeiros poucos ciclos (indicado na figura como A), praticamente, não há diferença entre as respostas dos geradores auto-excitados e dos geradores excitados separadamente pois eles obedecem à mesma curva de redução da corrente de curto-circuito à medida que a energia do campo é dissipada.

Após os primeiros poucos ciclos (indicado na figura como B), um gerador auto-excitado continuará a seguir a curva de redução de curto-circuito até a corrente tornar-se praticamente zero. Todavia, para um gerador excitado separadamente, como a energia do seu campo magnético é gerada externamente, ele pode sustentar 2,5 a 3 vezes a corrente nominal, mesmo com uma falha (curto) nas 3 fases. Esta magnitude de corrente pode ser mantida durante aproximadamente 10 segundos sem que hajam danos para o alternador.

A **Figura 4-12** apresenta uma outra forma de visualizar a diferença na resposta para uma falha trifásica. Se o gerador for auto-excitado, a tensão e a corrente entrarão em colapso (cairão à zero) quando a corrente for aumentada além do ponto de flexão da curva (onde a curva tem a forma de um joelho). Um gerador excitado separadamente pode sustentar um curto-circuito direto porque ele não depende da sua própria tensão de saída para gerar sua energia de excitação.

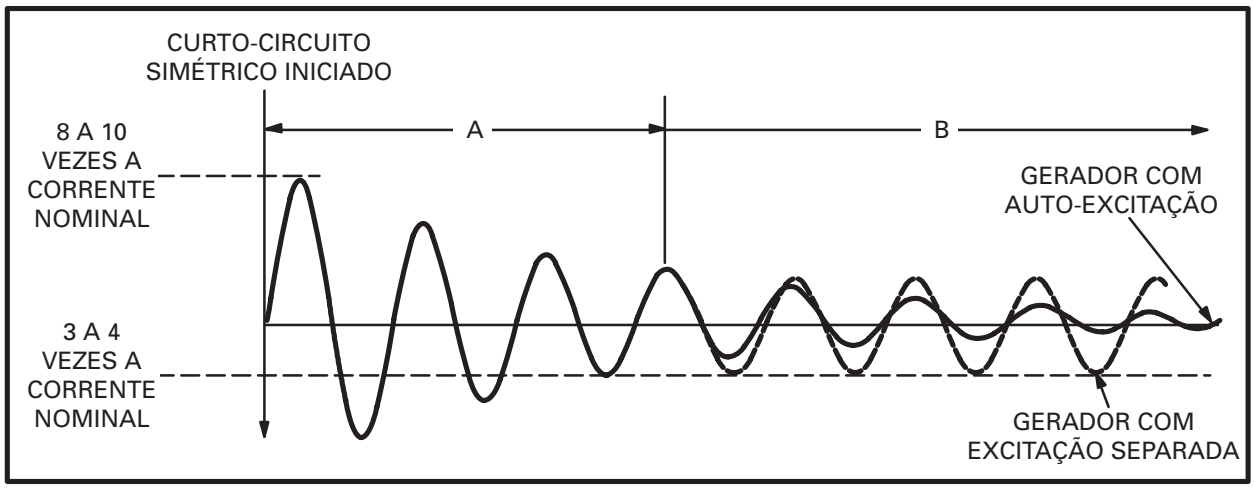


Figura 4-11. Resposta à um curto-circuito simétrico entre as três fases

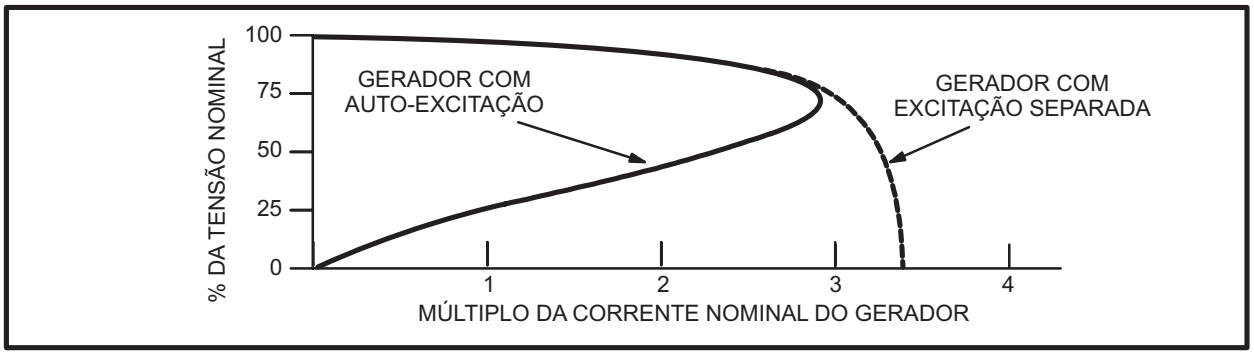


Figura 4-12. Capacidade de suportar um curto-circuito

Temperaturas dos enrolamentos em curto-circuito: Um problema que deve ser cuidadosamente considerado quando ocorre um curto-circuito é que o gerador pode ser danificado caso a corrente seja mantida por um tempo excessivo antes que um disjuntor seja desarmado para suprimir o curto. As correntes de curto-circuito podem superaquecer rapidamente os enrolamentos do induzido do gerador. Por exemplo, um curto-circuito L-N debalanceado em um gerador excitado separadamente, projetado para sustentar três vezes a sua corrente nominal, resulta em uma corrente elétrica, aproximadamente, 7,5 vezes maior que a corrente nominal do gerador. Para uma corrente desta magnitude, presumindo-se que a temperatura inicial do enrolamento seja de aproximadamente 155°C, é possível concluir que os enrolamentos podem chegar a 300°C em menos de cinco segundos. A esta temperatura ocorrerão danos imediatos e permanentes aos enrolamentos. Um curto-circuito L-L desbalanceado demora poucos segundos a mais para que a temperatura dos enrolamentos atinja um valor de 300°C, e, um curto-circuito trifásico balanceado demora um pouco mais. A **Figura 4-13** ilustra cada uma dessas três situações.

Para informações complementares, consulte o ítem “Proteção do Alternador”, na seção *Projeto Elétrico*.

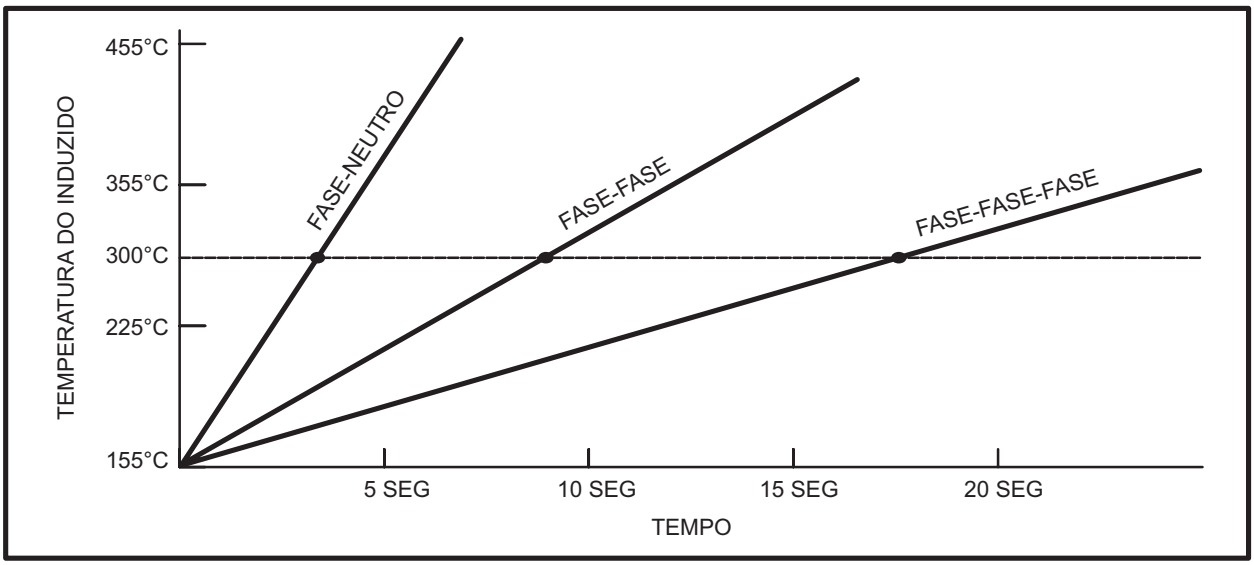


Figura 4-13. Curvas aproximadas para as temperaturas dos enrolamentos para diferentes tipos de curto-circuito.

Como se pode constatar por meio desta extensa subseção, sobre os conceitos básicos e sobre os processos de excitação de geradores, os dois processos básicos para sistemas de excitação, aqui apresentados, proporcionam uma ampla variedade de características e desempenho. Funcionamento na condição de estabilidade, funcionamento nas situações em que ocorrem transientes, partida de motores (carga), resposta à ocorrência de falhas, assim como demais características, variam em função do tipo de sistema de excitação do gerador. O estudo destes efeitos é importante para a análise do desempenho dos equipamentos. Veja abaixo um breve resumo das características que diferenciam um gerador auto-excitado de um gerador excitado separadamente.

- Auto-excitado
  - Quedas maiores de tensão
  - Campo "colapsante"
  - Detecção média monofásica
  - Menor tolerância a cargas não-lineares
  - Menor capacidade para a partida de motores (carga)
- Excitado separadamente
  - Quedas menores de tensão
  - Corrente sustentada durante a ocorrência de falhas
  - Detecção RMS trifásica
  - Melhor tolerância a cargas não-lineares
  - Melhor capacidade para a partida de motores (carga)

Motores

Governadores

Governadores Mecânicos: Os dispositivos denominados governadores mecânicos, como o próprio nome sugere, controlam o fornecimento de combustível ao motor do grupo gerador usando como referência a detecção mecânica da velocidade de rotação do motor por meio de contrapesos ou de mecanismos similares. Estes dispositivos apresentam aproximadamente 3 a 5% de queda de velocidade de rotação do motor na condição de sem carga até a carga plena. Este tipo de sistema de controle, em geral, é o mais barato e adequado para aplicações onde a queda de freqüência não é um problema para as cargas que são alimentadas pelo grupo gerador. Alguns grupos geradores, mas não todos, são fornecidos com um governador mecânico opcional.

Governadores Eletrônicos: Os dispositivos denominados governadores eletrônicos são utilizados em aplicações onde é necessário um controle isócrono ("*zero droop*"), ou naquelas aplicações onde são necessários sincronismo e paralelismo. Normalmente, a velocidade de rotação do motor do grupo gerador (em RPM) é monitorada por um sensor eletromagnético e o fornecimento de combustível para o motor do grupo gerador é controlado por válvulas solenóide acionadas por circuitos eletrônicos. Estes circuitos, independente de estarem imbutidos nos controladores dos solenóides ou de serem parte do controlador microprocessado do grupo gerador, utilizam sofisticados algoritmos para manter o controle preciso da velocidade de rotação do motor do grupo gerador e, conseqüentemente, da freqüência.

Nos grupo geradores equipados com governadores eletrônicos a recuperação após uma queda transiente de tensão de carga é mais rápida do que nos grupo geradores equipados com governadores mecânicos.

Os governadores eletrônicos devem sempre ser utilizados quando as cargas incluírem equipamento UPS.

Os grupo geradores equipados com motores mais modernos, especialmente motores diesel com sistemas eletrônicos de injeção de combustível, estão disponíveis apenas na versão equipada com governadores eletrônicos.

Seja por fatores de demanda ou pela legislação que exigem um aumento na eficiência de consumo de combustível, baixas emissões de escape, bem como algumas outras vantagens; fazem com que estes sistemas, que oferecem um controle mais preciso, sejam os adequados.

Sistemas de Partida de Motores

Partida com bateria: Em geral, os sistemas de partida com bateria para grupos geradores funcionam em 12 ou 24 volts. Usualmente, os grupos geradores menores utilizam sistemas de partida de 12 volts e as grupos geradores maiores usam sistemas de partida de 24 volts. A **Figura 4-14** ilustra um diagrama típico de conexões entre uma bateria e um motor de partida usado por um grupo gerador. Ao selecionar ou dimensionar as baterias, bem como, os equipamentos correlatos, deve-se considerar os items a seguir:

- As baterias devem ter capacidade suficiente (Ampères de Partida a Frio, APF) para fornecer a corrente elétrica necessária para o giro do motor de partida, indicada na Folha de Especificações do grupo gerador selecionado. As baterias podem ser tanto de chumbo-ácido quanto de níquel-cádmio. As baterias devem ter sido projetadas para este tipo de aplicação, e, o seu uso ter sido aprovado pelas autoridades locais.
- Um alternador, acionado pelo motor do grupo gerador e equipado com regulador de tensão automático integrado, é, usualmente, fornecido para recarregar as baterias quando o sistema estiver em funcionamento.
- Para a maioria dos sistemas de energia que funcionam por meio de grupo geradores, é desejável ou mesmo exigido, um carregador auxiliar de baterias, portátil, alimentado pela fonte usual de energia, que permita manter as baterias plenamente carregadas quando o grupo gerador não estiver funcionando. Os carregadores de bateria portáteis são exigidos para sistemas standby de emergência.
- As normas técnicas geralmente especificam um tempo máximo de carga para a bateria. A seguinte regra prática pode ser utilizada para dimensionar os carregadores de baterias auxiliares:

$$\text{Corrente Necessária para a Carga da Bateria} = \frac{1.2 \times \text{Amp-Hora da Bateria}}{\text{Horas Necessárias de Carga}}$$

- As normas técnicas locais podem exigir o uso de aquecedores para manter a bateria a uma temperatura mínima de 10°C (50°F) caso o grupo gerador esteja sujeito a temperaturas ambientes de congelamento. Consulte informações complementares no ítem “Acessórios e Opções” (nesta seção), Dispositivos de Aquecimento Standby para grupos geradores.
- Normalmente, os grupos geradores incluem cabos de bateria. Alojamentos (“Racks”) para baterias também são disponíbilizados.

Distribuição das baterias de partida: Caso as baterias sejam instaladas a uma distância do motor de partida do maior que o comprimento normal dos cabos de conexão “standard”, novos cabos de conexão com o comprimento adequado deverão ser montados. A resistência elétrica total dos cabos de conexão somada à resistêncie elétrica das conexões não deverá causar uma queda excessiva da tensão entre a bateria e o motor de partida. As recomendações para o motor do grupo gerador são de que a resistência elétrica total do circuito de partida somada à a resistência elétrica dos cabos e conexões não ultrapasse 0,00075 ohms para sistemas de 12 volts ou 0,002 ohms para sistemas de 24 volts. Veja o seguinte exemplo de cálculo.

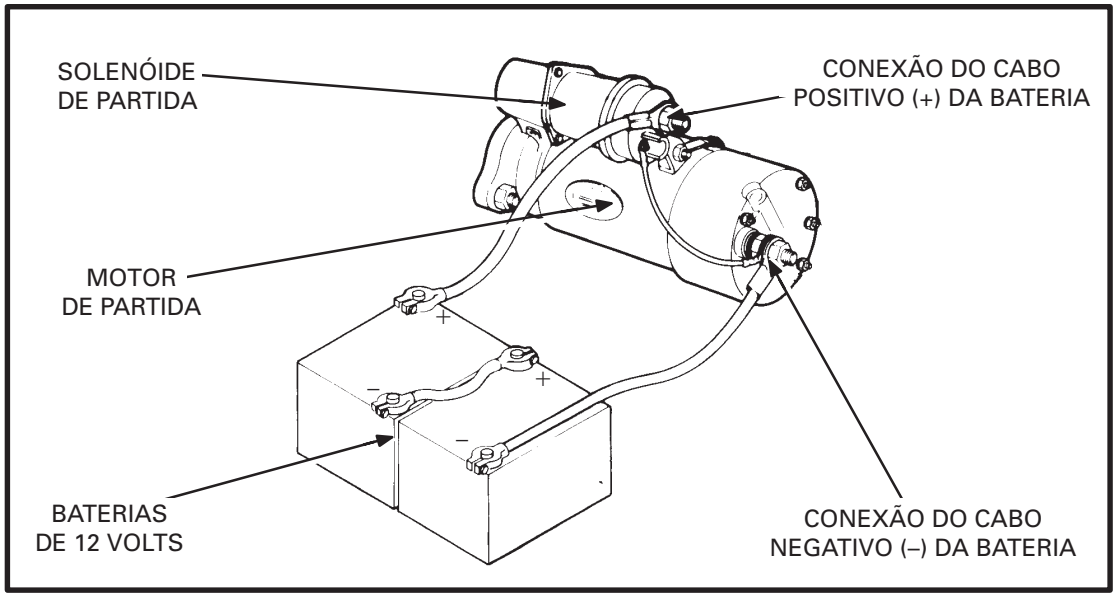


Figura 4-14. Diagrama típico de conexões do motor de partida elétrico (24 Volts)

Exemplo de Cálculo: Um grupo gerador possui um sistema de partida de 24 VCC, alimentado por duas baterias de 12 volts em série *(Figura 4-14*). O comprimento total dos cabos é de 375 polegadas (9,52 m), incluindo o cabo entre as baterias. Existem seis conexões de cabos. Calcule a bitola dos cabos necessários como segue:

1. Assuma uma resistência de 0,0002 ohms para o contato do solenóide do motor de partida ($R_{CONTATO}$).
2. Assuma uma resistência de 0,00001 ohms para cada conexão de cabo ($R_{CONEXÃO}$), num total de seis.
3. Com base na fórmula que:
   - Resistência Máxima Permitida do Cabo
     = 0,002 - $R_{CONEXÃO}$ - $R_{CONTATO}$
     = 0,002 – 0,0002 - (6 x 0,00001)
     = 0,00174 ohms
4. Veja a **Figura 4-15** para as resistências dos cabos AWG (Bitola Americana de Cabos). Neste exemplo, como mostram as linhas pontilhadas, a menor bitola de cabo que pode ser utilizada é 2 cabos No. 1/0 AWG em paralelo.

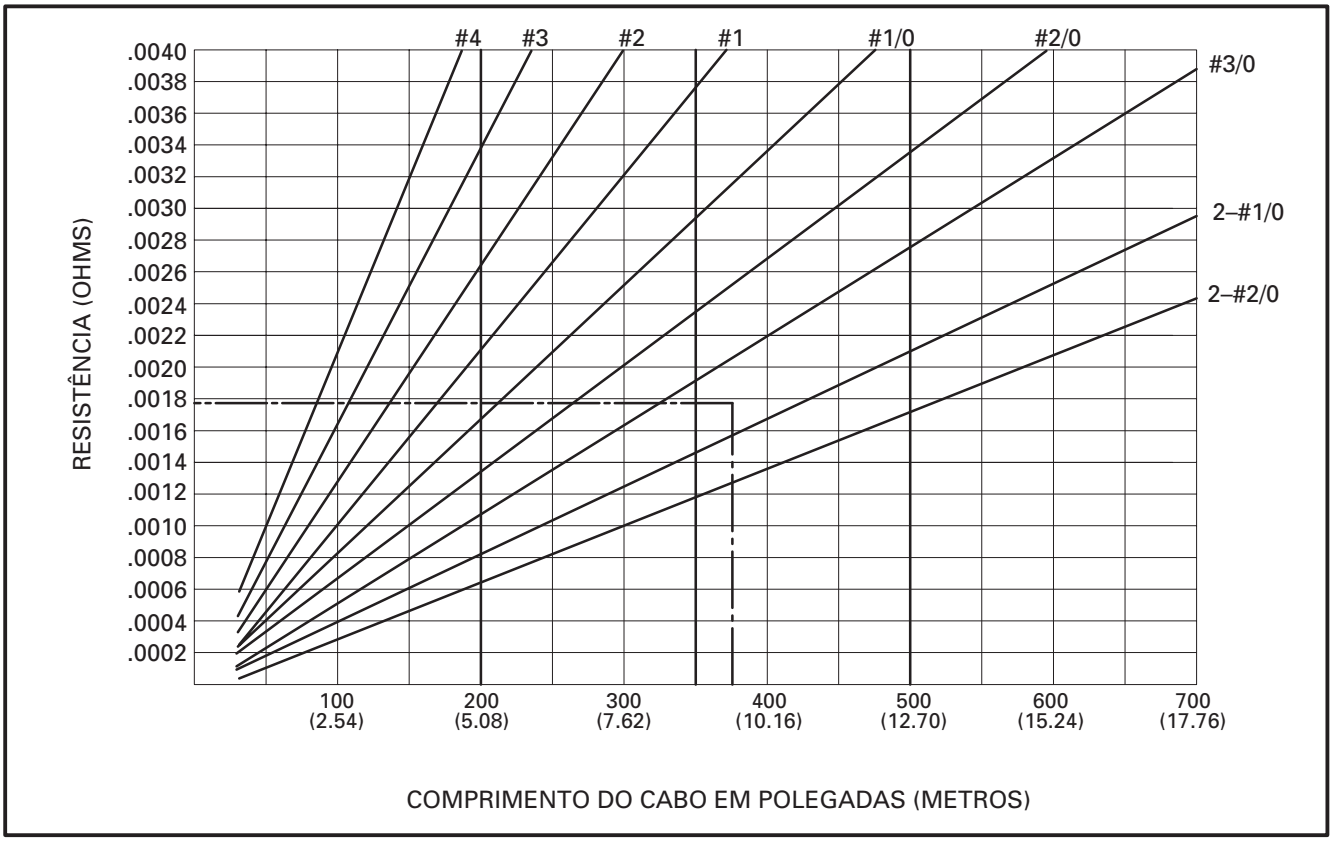


Figura 4-15. Resistência elétrica *vs.* comprimento do cabo, para diversas bitolas de cabos conforme a classificação AWG

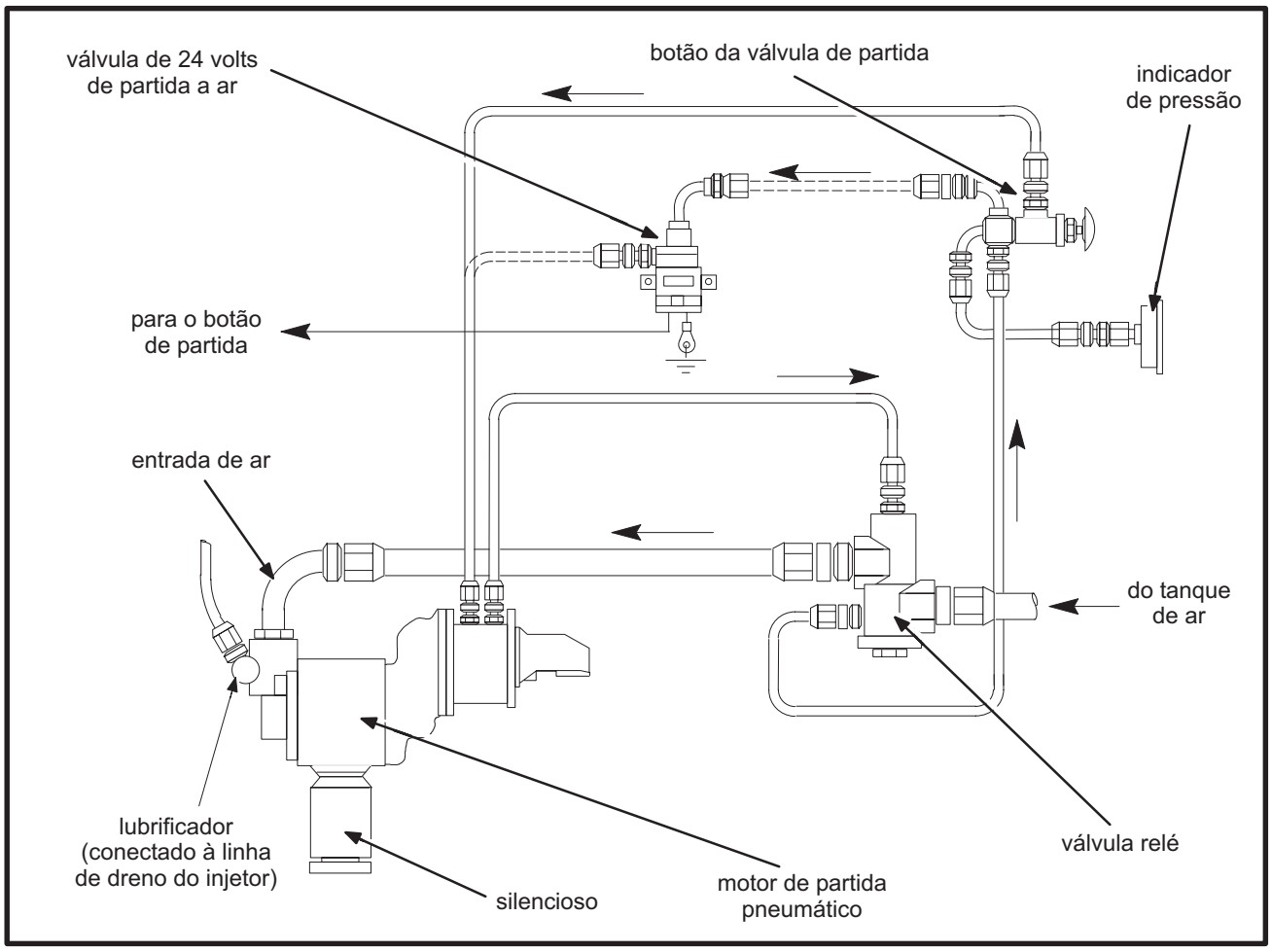


Figura 4-16. Arranjo típico de uma tubulação pneumática para a partida de um motor de grupo gerador, usando ar comprimido.

Sistema partida do grupo gerador utilizando ar comprimido:
Os sistemas de partida do motor de um grupo gerador utilizando ar comprimido estão disponíveis para alguns dos modelos maiores de grupos geradores. O sistema de partida do grupo gerador utilizando ar comprimido pode ser recomendado para algumas aplicações do tipo "Energia Prime", contanto que o ar comprimido esteja sempre prontamente disponível para ser utilizado. A **Figura 4-16** mostra um arranjo típico da tubulação pneumática para um sistema de partida do grupo gerador utilizando ar comprimido. Considere os itens abaixo para determinar quais são os equipamentos necessários para a instalação de um sistema de partida a ar comprimido:

- O fabricante do motor deverá ser consultado quanto às recomendações relativas ao diâmetro das mangueiras de ar e quanto ao volume mínimo exigido para o tanque de ar comprimido para cada segundo de partida. O volume do tanque dependerá do tempo mínimo necessário para dar a partida no motor. Todos os motores pneumáticos de partida fornecidos pela Cummins Power Generation têm uma classificação máxima de pressão de 1035 kPa (150 psig).
- Os tanques de ar (receptores) devem ser equipados com uma válvula de dreno do tipo roscada. Outros tipos válvula não são recomendados por serem uma fonte comum de vazamentos de ar. A umidade pode danificar os componentes do sistema pneumático de partida.
- Todas as válvulas e acessórios do sistema pneumático devem ser de uso específico para sistemas de partida de motores diesel por meio de ar comprimido.
- As conexões dos tubos devem ser do tipo de vedação seca e devem ser feitas com selador de rosca. Não é recomendo uso de fita teflon pois ela não fixa as roscas adequadamente e é uma fonte de resíduos que podem obstruir as válvulas.

Nota: *Baterias, embora de capacidade muito menor, ainda serão necessárias para o controle do motor do grupo gerador e para o monitoramento dos sistemas quando for utilizada a partida por meio de ar comprimido.*

Controles

Sistemas de controle baseados em relés

Até há alguns anos atrás, os sistemas de controle baseados em relés eram bastante comuns em quase todos os grupos geradores. Estes sistemas de controle podem ser projetados para fornecer o recurso de partida manual ou totalmente automática, além das funções básicas de proteção do gerador e, além disso, incluir os equipamentos necessários para atender às normas locais para grupos geradores.

Os sistemas de controle baseados em relés (veja a **Figura 4-17**) controlam a partida e as funções operacionais do motor, as funções de monitoramento de falhas ou de desempenho fora das especificações do motor e do alternador, e, fornecem sinais de indicação, medição e alerta para a interface com o usuário. Funções tais como o controle de tensão do alternador são executadas, em separado, por uma placa de circuito chamada Regulador Automático de Tensão (AVR, em inglês). Analogamente, também em separado, um circuito controlador gerencia o governador eletrônico e outros equipamentos opcionais. Existem vários recursos opcionais disponíveis para melhorar o desempenho/controle e aumentar a funcionalidade de tarefas especiais como a interface do equipamento de paralelismo e funções adicionais de monitoramento de equipamentos, tais como tanques de combustível, líquido de arrefecimento ou baterias.

Figura 4-17. Painel de Interface do Controle a Dois Fios

Alguns grupos geradores são equipados com sistemas híbridos de controle (veja a **Figura 4-18**) que utilizam, simultâneamente, relés e circuitos integrados. Tais controles oferecem maior funcionalidade do que os sistemas baseados exclusivamente em relés, todavia, ainda são limitados em sua capacidade de oferecer recursos mais complexos de controle ou interfaces avançadas de operação.

Figura 4-18. Painel de Interface do Controle Detector 12

Sistemas de controle baseados em circuitos eletrônicos (Microprocessadores)

As demandas atuais por um alto nível de desempenho, melhor funcionalidade, controle de sistemas sofisticados e interfaces de rede exigem os recursos dos sistemas de controle baseados em microprocessadores. O advento dos microprocessadores e dos computadores tem permitido o desenvolvimento de controles eletrônicos totalmente integrados e baseados em microprocessadores, como a série de controles PowerCommand™ (veja a **Figura 4-19**) da Cummins Power Generation. O sistema PowerCommand integra o controle de funcionamento do motor, o controle do alternador e as funções de monitoramento similares às de um sistema de controle totalmente equipado com base em relés. Além disso, também controla o governo eletrônico, o regulador de tensão além de muitos outros recursos e funções adicionais.
O monitoramento pleno das características elétricas na saída do gerador, dos parâmetros de potência (kW, kVA, kVAR), elevações ou quedas na tensão, realimentação, etc., permite o controle completo do sistema de geração de energia.

Figura 4-19. Sistema PowerCommand com Microprocessador

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

Circuitos eletrônicos com “Autonomia Plena”

Os projetos de motores avançados incorporam sistemas sofisticados de fornecimento de combustível, de ignição, de controle do ponto de injeção, bem como, o monitoramento ativo do desempenho e ajustes. Estes sistemas e funções são necessários para que haja um consumo eficiente de combustível e baixas emissões de escape. Os motores com “autonomia plena”, como são geralmente chamados, requerem sistemas de controle com microprocessadores igualmente sofisticados para operar e controlar todas estas funções. Uma versão mais avançada do Controle PowerCommand™ incorpora a capacidade dinâmica de controle do motor, com os recursos e a funcionalidade da versão mencionada anteriormente, além de muitos outros recursos (veja a **Figura 4-20**). Nos grupos geradores equipados com motores eletrônicos com “autonomia plena”, este tipo de sistema avançado de controle é parte integral da unidade motor-gerador e não existe a opção para sistemas de controle baseados em relés ou quaisquer outros sistemas de controle.

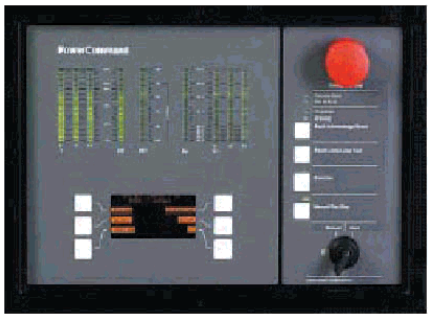


Figura 4-20. PowerCommand eletrônico com autonomia plena

Opcionais para o sistema de controle

Os equipamentos opcionais para os sistemas eletrônicos de controle incluem todas as funções necessárias para o controle e monitoramento do paralelismo entre vários grupos geradores e com a rede da concessionária de energia elétrica. Existem também controles intermediários de paralelismo que podem ser atualizados.

A função de interface de rede, disponível para estes controles, pode ser um recurso importante a ser considerado como equipamento opcional. A função de interface de rede permite o monitoramento e o controle remoto do grupo gerador, bem como a sua integração com o edifício e com sistemas automatizados de controle de energia.

Também estão disponíveis sistemas opcionais de controle, por meio de relés, para efetuar o comando de equipamentos periféricos.

Acessórios e opcionais

Recursos de Segurança e Alertas de Controle

Os sistemas de controle e monitoramento baseados em relés, existentes em muitos grupos geradores, podem incluir diversos tipos de avisos e alarmes de desligamento para a proteção do motor e do gerador. Geralmente, equipamentos opcionais são necessários para o monitoramento pleno ou alertas remotos, bem como, para a medição da tensão de saída CA do grupo gerador. Se a função de comunicação em rede for um requisito, serão necessários alguns equipamentos adicionais, embora estes tenham capacidade limitada. Devido aos requisitos por sistemas eletrônicos de controle para o motor e para o alternador cada vez mais sofisticados, além da grande quantidade de dados para diagnóstico e manutenção, os sistemas podem funcionar mesmo com as limitações de capacidade desses tipos de sistemas de controle.

Os sistemas eletrônicos de controle e monitoramento, que geralmente são equipamentos padrão em muitos grupos geradores, incluem um conjunto integrado e completo de alertas e alarmes de desligamento para proteger o motor e o gerador. Alguns destes alarmes podem ser selecionados ou programados pelo próprio cliente. Todos os alarmes podem ser exibidos no painel de controle do grupo gerador ou em algum local remoto. O envio de alertas remotos pode ser feito de diversas maneiras:

1. Saídas de contatos de relés para alarmes comuns ou individuais.
2. Painéis de alerta especialmente projetados para o sistema de controle, acionados por vários tipos de interfaces de rede.
3. Comunicação através de Redes Locais ou conexões via modem para locais de monitoramento remoto utilizando softwares baseados em PCs.

As normas técnicas de operação podem exigir diferentes graduações de alarmes para diferentes tipos de aplicação. As normas referentes à segurança e proteção à integridade física e à vida (Nível 1 da NFPA 110 nos EUA), ou, todas as outras normas para aplicações do tipo emergência/standby (Nível 2 da NFPA 110 nos EUA), ou equivalentes, especificam os recursos mínimos referentes aos sistemas de alerta e alarme necessários para essas aplicações. Outras normas também podem estabelecer requisitos específicos. Recomenda-se a consulta das normas em vigor para que se tenha um conjunto atualizado dos requisitos referentes à alertas e alarmes de segurança.

O Controle PowerCommand™ da Cummins Power Generation foi projetado para atender ou exceder estes de requisitos, assim como vários outros padrões em vigor. (Consulte a Folha de Especificações do Controle PowerCommand™ para obter maiores detalhes.)

Disjuntores

Grupos geradores podem utilizar disjuntores do tipo de "disjuntor em caixa moldada" ou do tipo "disjuntor aberto".

Em geral, os disjuntores em caixa moldada são fornecidos já montados diretamente no grupo gerador. Entretanto, estes disjuntores também podem ser montados em um painel separado, instalado numa parede ou sobre um pedestal. A capacidade de um disjuntor em caixa moldada pode variar desde 10 até 2500 ampères, e, devido às suas características, podem ser instalados em uma caixa de saída fixada diretamente sobre o grupo gerador.

Os disjuntores abertos podem ser encontrados em capacidades que variam de 800 a 4.000 ampères, ou mais. Os disjuntores abertos também são mais velozes, todavia, consideravelmente mais caros que os disjuntores em caixa moldada. Em geral, os disjuntores abertos devem ser montados em um painel isolado próximo ao grupo gerador, e não sobre o próprio grupo gerador (diferente do que pode ser feito para os disjuntores em caixa moldada), isso se deve ao fato de que os disjuntores abertos são maiores, e, além disso, são susceptíveis a danos que podem ser causados pela vibração do motor do grupo gerador.

Sempre que, num projeto, forem necessários disjuntores, as especificações técnicas devem incluir o tipo de disjuntor, o tipo de unidade de desarme e a sua classificação básica (contínua ou não-contínua). Consulte a seção *"Projeto Elétrico",* para obter maiores detalhes sobre a escolha de disjuntores.

Interruptor em caixa moldada: Em geral, nos casos em que for desejável um dispositivo para desconexão do barramento principal ou carga, mas a proteção do gerador ou dos condutores não seja necessária (i.é., a proteção é oferecida pelo AmpSentry™, ou é utilizado um gerador auto-excitado), pode ser usada um interruptor em caixa moldada ao invés de um disjuntor. Essas chaves comutadoras possuem os mesmos contatos e mecanismos de comutação que os disjuntores em caixa moldada, porém não fazem a detecção da corrente de "*trip*". Um interruptor emcaixa moldada também proporciona um local de conexão e os terminais para a conexão dos cabos de energia que alimentam a carga.

Caixas de entrada: Uma caixa de entrada é básicamente uma caixa para instalação do disjuntor, mas sem o disjuntor. Se um disjuntor não for necessário, a caixa de entrada terá espaço adicional para a entrada, roteamento e conexão dos condutores.

Disjuntores múltiplos: Geralmente, numa instalação, são necessários disjuntores múltiplos, e, os mesmos são fornecidos pelo próprio fabricante para a maioria dos grupos geradores. As opções padrão oferecidas são dois disjuntores montados no equipamento (exceto no caso do maior alternador). Todavia, para alguns modelos de alternadores e grupos geradores isto simplesmente não é adequado, ou então, não existe um local apropriado no equipamento para que as caixas de disjuntores sejam fixadas. Consulte o representante local do fabricante a respeito da disponibilidade de equipamentos específicos. O fabricante pode avaliar a possibilidade de atender à situações especiais nas quais seriam anexados três ou mais disjuntores em alguns modelos de grupos geradores, entretanto, o normal seria a instalação dos disjuntores em um painel de distribuição montado em um gabinete em separado ou fixado em uma parede.

Baterias e carregadores de baterias

Possívelmente, o sub-sistema mais crítico de um grupo gerador seja o conjunto de baterias utilizado para dar partida no motor e para o controle do grupo gerador. A escolha e a manutenção correta das baterias e do carregador de baterias são essenciais para assegurar a confiabilidade do sistema.

Este sistema é composto por baterias, gabinetes ("racks") para alojar as baterias, um carregador de baterias que seja alimentado pela fonte usual de energia elétrica durante o tempo em que o grupo gerador estiver inativo, e um alternador, conectado ao eixo do grupo gerador, e, utilizado para carregar as baterias e fornecer energia para o sistema de controle quando o grupo gerador estiver em funcionamento.

Em geral, quando houverem grupos geradores coectados em paralelo, os seus respectivos bancos de baterias de cada grupo gerador são conectados em paralelo para fornecer a energia de controle para o sistema de paralelismo. O fabricante do sistema de paralelismo deve sempre ser consultado para avaliar se o sistema de controle do motor é adequado para essa tarefa, pelo motivo que uma queda de tensão no banco de baterias poderia interromper alguns sistemas de controle de paralelismo e exigir o uso das baterias em estações separadas para alimentar o painel de paralelismo.

As baterias devem ser instaladas tão próximas quanto possível do grupo gerador com o propósito de minimizar a resistência elétrica no circuito de partida. A sua localização deve permitir um fácil acesso para manutenção e minimizar a exposição das baterias à umidade, sujeira e óleo. O gabinete das baterias deve permitir ampla ventilação para que os gases explosivos emanados pelas baterias sejam dissipados. As normas de segurança para instalações em regiões sujeitas a abalos sísmicos determinam que os gabinetes das baterias tenham recursos especiais para evitar o derramamento do eletrólito e quebra dos recipientes durante um terremoto.

O projetista do sistema deve especificar o tipo das baterias (geralmente limitado aos tipos chumbo-ácido ou níquel-cádmio, como explicado a seguir), assim como sua capacidade.

Uma estimativa para a capacidade necessária para o sistema da baterias depende do tamanho do motor do grupo gerador (cilindrada), da estimativa para os valores mínimos de temperatura aos quais serão expostos o líquido de arrefecimento do motor, o óleo lubrificante e as baterias (veja abaixo o item "Dispositivos de Aquecimento em Standby para Grupos Geradores"), da viscosidade do óleo lubrificante, e, do número e da duração necessários para os ciclos de partida[1]. O fornecedor do grupo gerador deve fazer as recomendações com base nestas informações.

As baterias do tipo chumbo-ácido são as mais comumente escolhidas para utilização em grupos geradores. Elas são relativamente econômicas e oferecem um bom desempenho a temperaturas ambientes entre -18°C (0°F) e 38°C (100°F). As baterias de chumbo-ácido podem ser recarregadas por carregadores convencionais, que podem ser fixados em paredes próximas ao grupo gerador, ou recarregadas por meio de uma chave de transferência automática (caso o grupo gerador NÃO faça parte de um sistema de paralelismo). O carregador deve ser dimensionado para recarregar o banco de baterias em aproximadamente 8 horas e, ao mesmo tempo, atender todas às necessidades de energia de controle do sistema.

Uma bateria de chumbo-ácido pode ser do tipo selada "livre de manutenção" ou do tipo de célula inundada. As baterias livres manutenção suportam melhor quaisquer negligências de manutenção, porém não podem ser inspecionadas ou passar por reparos tão facilmente quanto as baterias de célula inundada.

Todas as baterias de chumbo-ácido devem ser carregadas elétricamente, em seu local de instalação, antes que sejam utilizadas pela primeira vez. Mesmo aquelas baterias livres de manutenção não retêm a carga elétrica indefinidamente. As baterias de célula inundada devem ser abastecidas com o eletrólito no seu local de instalação, e, atingem cerca de 50% da condição de carga total pouco tempo depois da adição do eletrólito.

Em geral, os sistemas que utilizam baterias NiCad (níquel-cádmio) são indicados para locais onde as temperaturas ambientes podem ser extremamente altas ou baixas, dado que seu desempenho é menos afetado por temperaturas extremas do que no caso das baterias de chumbo-ácido. Os sistemas de baterias NiCad são consideravelmente mais caros do que os que utilizam baterias de chumbo-ácido, todavia estes sistemas têm uma vida útil mais longa.

Uma das maiores desvantagens dos sistemas de baterias NiCad é que seu descarte pode ser difícil e caro, uma vez que os materiais que compõem essas baterias são tóxicos. Além disso, as baterias NiCad exigem carregadores especiais para que atinjam o nível de carga plena. Esses carregadores devem ser fornecidos com filtros para reduzir o "ruído do carregador" o qual pode interromper os sistemas de controle do motor e do gerador.

Sistemas de escape e de silencioso

Dois fatores determinam a escolha dos sistemas de escape e do silencioso: o nível de ruído, evidentemente, e a capacidade de acomodação ao movimento relativo entre o sistema de escape e o grupo gerador.

As normas de regulamentação para controle de ruídos ou as preferências pessoais determinam a escolha do tipo de silencioso. A seleção do sistema de escape e do silencioso dependem obviamente do local onde o grupo gerador será instalado: interno ou externo. Em geral, uma carenagem para proteção externa contra as intempéries, fornecida por um fabricante de grupo gerador oferece várias opções para silenciosos e, normalmente, sua instalação é feita no teto. Os tipos de silenciosos são classificadas como "industrial", "residencial" ou "crítica", dependendo de sua capacidade de atenuação. As carenagens acústicas geralmente incluem um sistema de silencioso integrado como parte do pacote completo. Para maiores informações sobre ruídos e níveis de ruído, consulte a seção *VI - Projeto Mecânico*.

Um fator essencial a ser considerado na instalação do sistema completo de escape é o fato do grupo gerador vibrar, isto é, movimentar-se com relação à estrutura que o contém. Assim, é necessário utilizar uma tubulação flexível na saída de escape do grupo gerador. É bem comum que um sistema instalado no interior de um prédio ou de quaisquer outras construções sejam equipado com longas de tubulações de escape, e, portanto, estas tubulações devem ser construídas de modo a apresentar uma tolerância adequada para evitar que a expansão ou vibrações causem danos ao sistema de escape, aos coletores de escape ou ao turbocompressor do motor.

Outro fator importante a ser considerado quanto ao sistema de escape do grupo gerador, está relacionado com a medida da temperatura dos gases de escape. O sistema de escape do motor deve ser equipado com sensores de temperatura e com equipamentos de monitomento, para que a temperatura de escape do motor seja registrada com precisão. O objetivo é disponibilizar informações mais detalhadas durante os procedimentos de manutenção, assim como, monitorar o motor para garantir que esteja operando em um nível de carga adequado para evitar problemas operacionais de carga leve. Consulte o Apêndice E - *Manutenção e Serviço* para maiores informações.

1) As aplicações NFPA 110 requerem dois ciclos de partida contínua de 45 segundos com um período de descanso entre eles, ou dois ciclos de partida de 15 segundos com 15 segundos de descanso.

Carenagens

As carenagens podem ser classificadas em três tipos genéricos: carenagens de proteção contra intempéries, carenagens acústicas e carenagens com passarelas. Os nomes são auto-explicativos.

Carenagem de proteção contra intempéries: As carenagens protegem o grupo gerador, tanto contra intempéries quanto contra violação, pois são fornecidas com fechaduras. Venezianas ou painéis perfurados incorporados permitem a passagem do fluxo de ar para ventilação e arrefecimento. Pouca ou nenhuma atenuação de ruídos é obtida e algumas vezes pode haver um aumento do nível de ruídos induzidos pela vibração. Tais tipos de carenagem não retêm o calor nem mantêm a temperatura interna acima da temperatura ambiente.

Carenagem de acústica: As carenagens com atenuação acústica são recomendadas para proporcionar uma determinada atenuação de ruídos ou atender à uma classificação do nível externo de ruídos. Os níveis de ruído devem ser especificados tomando como referência uma dada distância e para se comparar os níveis de ruído todas as especificações devem ser convertidas na mesma distância básica. A atenuação sonora requer material e espaço, portanto, certifique-se de que as unidades indicadas nos desenhos incluam as informações corretas da carenagem acústica.

Embora alguns destes projetos de carenagem apresentem alguma capacidade de isolamento capaz de reter o calor, este não é o objetivo do projeto. Caso seja necessário manter a temperatura interna acima da temperatura ambiente, será preciso uma carenagem com passarela.

Carenagem "walk-in": Este termo engloba uma ampla variedade de carenagens que são fabricadas de acordo com as especificações de cada cliente. Geralmente, essas carenagens incluem atenuação sonora, comutação de energia e equipamento de monitoração, pára-raios, sistemas de proteção contra incêndios, tanques de combustível e outros equipamentos. Estes tipos de carenagem são construídas como unidades simples, sem cobertura, ou como unidades integradas com grandes portas ou painéis removíveis para acesso de serviços. Estas carenagens podem ser construídas com recursos de isolamento térmico e de aquecimento.

Regiões litorâneas

Outro fator importante a ser considerado com relação à carenagem é se a unidade será instalada em uma região litorânea. Região litorânea é definida como um local situado a menos de 60 milhas (aproximadamente 100 km) de distância do mar. Nestas áreas, as carenagens de aço, mesmo quando especialmente pintadas, plataformas, tanques de combustível, etc., são mais suscetíveis à corrosão pelos efeitos da salinidade no ar. O uso de compartimentos de alumínio para grupo geradores (quando oferecido) é recomendado em regiões litorâneas.

Nota: A instalação de carenagens externas (especialmente carenagens acústicas) dentro de edifícios não é uma prática recomendada, por duas razões principais. Primeira, as carenagens acústicas usam a capacidade máxima de restrição do ventilador do radiador para reduzir ruídos através de deflexão da ventilação. Conseqüentemente, resta uma pequena ou nenhuma capacidade de restrição para quaisquer dutos de ar, venezianas ou outros equipamentos que invariavelmente acrescentarão restrição. Segunda, os escapes de carenagens externas não são necessariamente sistemas selados, ou seja, possuem abraçadeiras, juntas de encaixe deslizante no lugar de conexões rosqueadas ou flangeadas. Essas conexões com abraçadeiras podem permitir que o gás de escape vaze para o recinto.

Configurações alternativas de arrefecimento e ventilação

Os motores refrigerados a água são arrefecidos pelo bombeamento do líquido de arrefecimento (uma mistura de água e anticongelante) através de passagens no bloco de cilindros e cabeçotes do motor por uma bomba acionada pelo motor. O motor, a bomba e o radiador (ou, trocador de calor líquido-líquido), formam um sistema de arrefecimento fechado e pressurizado. Recomenda-se, sempre que possível, que o grupo gerador inclua este tipo de radiador montado na fábrica para o arrefecimento e ventilação do motor. Esta configuração resulta num sistema de menor custo, melhor confiabilidade e melhor desempenho do conjunto. Além disso, os fabricantes de grupos geradores equipados com este tipo de sistema de arrefecimento podem testar o protótipo para verificar o desempenho do sistema.

Classificações dos sistemas de arrefecimento: A maioria dos grupos geradores da Cummins Power Generation possuem classificações opcionais para o sistema de arrefecimento para os modelos equipados com radiador. Também estão disponíveis sistemas de arrefecimento projetados para operar em temperaturas ambientes de 40ºC e 50ºC. Verifique o desempenho ou disponibilidade de cada unidade nas Folhas de Especificações. Estas classificações apresentam restrições para a capacidade máxima em aplicações estáticas. Consulte o ítem Ventilação, na seção *Projeto Mecânico* para maiores detalhes.

Nota: Recomenda-se cautela ao comparar as classificações de sistemas de arrefecimento cuja classificação seja baseada na temperatura ambiente e não na temperatura do ar no radiador. Uma classificação de temperatura do ar no radiador restringe a temperatura do ar que flui para o radiador e não permite que ela aumente devido à energia térmica irradiada do motor e do alternador. Os sistemas classificados com base na temperatura ambiente levam em conta este aumento de temperatura em sua capacidade de arrefecimento.

Alternativas de Arrefecimento Remoto: Em algumas aplicações, pode ser muito grande a restrição ao fluxo do ar devido ao longo comprimento dos dutos, por exemplo, para que o ventilador de um radiador acionado pelo motor forneça o fluxo de ar necessário para arrefecimento e ventilação. Em tais aplicações, e onde os ruídos do ventilador são um problema, deve-se considerar uma configuração envolvendo um radiador remoto ou trocador de calor líquido-líquido. Em aplicações como estas, uma grande parte do fluxo de ar da ventilação é necessário para remover o calor irradiado pelo motor, pelo gerador, pelo silencioso, pelo tubo de escape e por outros equipamentos; com o objetivo de manter a temperatura no recinto do gerador em níveis apropriados para garantir o funcionamento correto do sistema.

Radiador Remoto: Uma configuração do tipo radiador remoto exige um cuidadoso projeto do sistema de modo a proporcionar o arrefecimento adequado do motor. Deve-se prestar atenção a detalhes, tais como, as limitações da coluna de fricção e estática da bomba d'água do motor, a desaeração, o abastecimento e drenagem apropriados do sistema de arrefecimento, bem como para a contenção de quaisquer vazamentos de fluído anticongelante.

Trocador de Calor: Um trocador de calor líquido-líquido exige especial atenção durante o projeto do sistema para que forneça o meio para arrefecer o trocador de calor. Deve-se observar que as normas ambientais sobre a conservação de água, assim como, as normas sobre conservação do meio ambiente, no local da instalação, talvez não permitam que a água da rede pública seja utilizada para o arrefecimento. Também observe que, regiões onde há riscos de abalos sísmicos, o fornecimanto de água da rede pública pode ser interrompido na eventualidade de um terremoto.

Consulte a seção *Projeto Mecânico,* para informações mais detalhadas sobre as alternativas de arrefecimento.

Sistemas de controle do nível do óleo lubrificante

Um sistema automático para o controle do nível do óleo lubrificante pode ser bastante útil em aplicações onde o grupo gerador funcione como fornecedor de "Energia Prime", ou, em aplicações do tipo "Standby" nas quais os equipamentos não passem por procedimentos extras de checagem periódica e funcionem por períodos de tempo maiores que o normal. Os sistemas automáticos de controle do nível do óleo não permitem aumentar os intervalos entre as trocas de óleo para um grupo gerador, a menos que um sistema de filtragem especial também seja incorporada ao equipamento.

Dispositivos de aquecimento "Standby" para grupos geradores

Partida a frio e aceitação de carga: Um fator crítico a ser considerado pelo projetista do sistema é o intervalo de tempo que um sistema de energia de "emergência" ou "standby" leva para detectar uma falha no fornecimento de energia da rede, efetuar a partida do grupo gerador e transferir energia para a carga. Algumas normas técnicas e especificações para sistemas de energia de emergência estabelecem que um grupo gerador deva ser capaz de alimentar todas as cargas de emergência em até 10 segundos após a falha no fornecimento de energia da rede. Alguns fabricantes de grupos geradores limitam a classificação do desempenho de partida a frio a uma porcentagem da classificação "standby" do grupo gerador. Esta prática reconhece que, em muitas aplicações, apenas uma parte da carga total conectável corresponde à carga de emergência (ou seja, as cargas não críticas podem ser conectadas posteriormente), e que é difícil dar a partida e atingir a aceitação de carga total com grupos geradores a diesel.

Os critérios de projeto para partidas a frio e aceitação de carga da Cummins Power Generation são que o grupo gerador tenha capacidade de efetuar a partida e alimentar todas as cargas de emergência, até a classificação de "standby", num intervalo de até 10 segundos após a falha no fornecimento de energia pela rede. Para assegurar este padrão de desempenho, presume-se que o grupo gerador esteja em um local com temperatura ambiente mínima de 4°C (40°F), e, que esteja equipado com aquecedores do líquido de arrefecimento. Isto deve ser feito instalando-se o grupo gerador em um recinto aquecido ou ser equipado com uma carenagem aquecida. Em geral, carenagens externas, protegidas contra as intempéries (inclusive os chamados de "*skin tight*"), não são isoladas, o que dificulta manter um grupo gerador aquecido em temperaturas ambiente mais frias.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

Para a maioria dos grupos geradores da Cummins Power Generation, em temperaturas abaixo de 4°C (40°F), e, até -32°C (-25°F), é possível dar a partida no motor, todavia, estes equipamentos não aceitarão carga de uma única vez num intervalo de até dez segundos. Se for preciso instalar um grupo gerador em um gabinete não aquecido, num local com baixas temperaturas, o projetista deverá consultar o fabricante. O operador do equipamento é responsável pela monitoração do funcionamento dos aquecedores do líquido de arrefecimento do grupo gerador (por este motivo, a norma NFPA 110 exige a instalação de um alarme de baixa temperatura para o líquido de arrefecimento) e pelo uso de um combustível com um grau ideal para as condições ambientes.

Os grupos geradores utilizados em aplicações de energia de emergência devem efetuar a partida e alimentar todas as cargas de emergência em até 10 segundos após uma falha na fonte principal de energia. Em geral, para atender a estas normas, são necessários aquecedores para o líquido de arrefecimento do motor, mesmo que o equipamento esteja instalado em um ambiente aquecido. Isto se aplica, especialmente, para grupos geradores a diesel. A NFPA 110 estabelece requisitos específicos para os sistemas de Nível 1 (onde uma falha do sistema pode resultar em acidentes, sério risco à integridade física de terceiros ou perdas de vidas):

- Aquecedores do líquido de arrefecimento são necessários a menos que a temperatura ambiente do recinto do gerador não seja menor que 21°C (70°F).
- Aquecedores do líquido de arrefecimento são necessários para manter a temperatura do bloco do motor acima de 32°C (90°F) caso haja a possibilidade de que a temperatura ambiente do recinto do gerador caia até 4°C (40°F), porém nunca abaixo deste valor. O desempenho em temperaturas mais baixas não é definido. Em temperaturas ambientes mais baixas, o grupo gerador pode não dar a partida, ou pode não alimentar as cargas tão rapidamente. Além disso, os alarmes de baixa temperatura podem indicar problemas se o aquecedor do líquido de arrefecimento não mantiver a temperatura do bloco num nível alto o suficiente para a partida em 10 segundos.
- Aquecedores de bateria são necessários se houver a possibilidade de que a temperatura ambiente do recinto do gerador caia abaixo de 0°C (32°F).
- É necessário um alarme de baixa temperatura do motor.
- Os aquecedores de líquido de arrefecimento e da bateria devem ser alimentados pela fonte usual de energia.

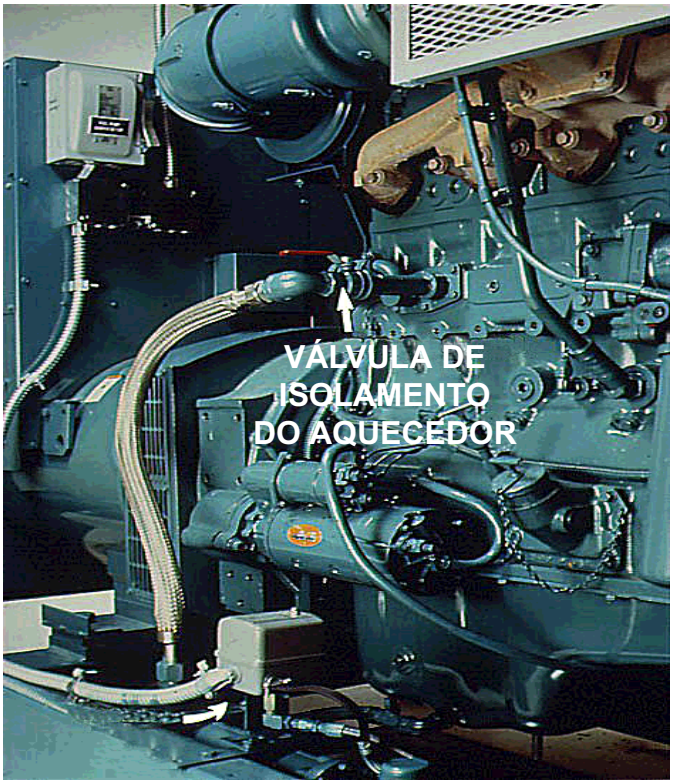


Figura 4-21. Instalação do pré-aquecimento do circuito de jaqueta de água do motor. Observe a válvula de isolamento do aquecedor, o tipo e o percurso da mangueira.

Aquecedores do líquido de arrefecimento: Aquecedores do líquido de arrefecimento controlados termostaticamente são necessários para partidas rápidas e boa aceitação de carga em grupos geradores utilizados em aplicações de "emergência" ou "standby"[2]. É importante ressaltar que os aquecedores de líquido de arrefecimento, normalmente, são projetados para manter o motor aquecido o bastante para assegurar uma partida rápida e confiável, e, a alimentação da carga; e não para aquecer o recinto onde se encontra o grupo gerador. Assim, além da operação do aquecedor do líquido de arrefecimento sobre o motor, a temperatura do ar ao redor do grupo gerador deverá ser mantida a, no mínimo, 10°C (40°F)[3]. Caso a área em torno do grupo gerador não possa ser mantida nesta temperatura, deverão ser consideradas as seguintes alternativas: o uso de algum tipo especial de combustível ou o aquecimento do combustível (para grupos geradores a diesel), aquecedores para o alternador, aquecedores para o sistema e controle e aquecedores para e bateria.

2) Nota sobre o Código Americano: Para os sistemas de energia de emergência Nível 1, a NFPA 110-1999 exige que o líquido de arrefecimento do motor seja mantido a uma temperatura mínima de 32°C (90°F). A NFPA110 também exige o monitoramento de falhas do aquecedor por meio de um alarme de baixa temperatura do motor.

3) Nota sobre o Código Canadense: A CSA282-2000 exige que os grupos geradores utilizados em aplicações de "emergência" sejam sempre instalados de modo que o grupo gerador seja mantido a uma temperatura ambiente mínima de 10°C (40°F).

Uma falha no aquecimento do circuito da jaqueta de água ou uma redução da temperatura ambiente ao redor do motor não impedirá necessariamente a partida do motor, todavia afetará o tempo necessário para que o motor efetue a partida e a rapidez com que a carga poderá ser conectada ao sistema de geração de energia local. Em geral, sistemas de alarme de baixa temperatura do motor são adicionadas aos grupos geradores para alertar aos operadores sobre a possibilidade de ocorrência deste problema nos sistemas em funcionamento.

Os aquecedores do circuito da jaqueta de água (veja a **Fig. 4-21**) são um item de manutenção do sistema (ou seja, funcionam contínuamente), e, portanto, é de se esperar que o elemento aquecedor das jaquetas deva ser substituído algumas vezes durante a vida útil da instalação. Para substituir o elemento do aquecedor sem que precise ser feita a drenagem completa do sistema de arrefecimento do motor, devem ser utilizadas válvulas de isolamento no aquecedor, ou algum outro dispositivo equivalente.

Os aquecedores do circuito da jaqueta de água podem funcionar a temperaturas consideravelmente mais altas do que a temperatura usual das linhas do líquido de arrefecimento do motor, razão pela qual devem ser utilizadas mangueiras de silicone de alta qualidade ou mangueiras de malha trançada, para evitar alguma falha prematura nas mangueiras do líquido de arrefecimento associadas com os aquecedores do circuito da jaqueta de água. Deve-se tomar cuidado durante o projeto de instalação do aquecedor do líquido de arrefecimento para evitar que as mangueiras formem curvas em pontos elevados causando o surgimento de bolsões de ar, e, consequentemente falhas por superaquecimento do sistema.

Normalmente, os aquecedores do líquido de arrefecimento do motor funcionam quando o grupo gerador não está em operação, razão pela qual os mesmos são conectados a uma fonte convencional de energia (rede elétrica da concessionária de energia, por exemplo). O aquecedor deverá ser desligado sempre que o grupo gerador estiver funcionando. Isto pode ser feito de diversas formas, por exemplo: usando um interruptor acionado pela pressão do óleo, ou, pela lógica do sistema de controle do grupo gerador.

Aquecedores de óleo e de combustível: Em aplicações nas quais o grupo gerador será exposto a baixas temperaturas ambientes (abaixo de -18°C ou 0°F), também podem ser necessários aquecedores para o óleo lubrificante e para as linhas e filtro de combustível de modo a evitar que o combustível se torne muito viscoso (pastoso).

Aquecedores anti-condensação: Em aplicações onde o grupo gerador será exposto a alta umidade ou temperaturas que oscilam próximas à temperatura de ponto de orvalho, devem ser usados aquecedores para o gerador e uma caixa de controle para evitar a condensação da umidade. A condensação dentro da caixa de controle, nos circuitos de controle ou no isolamento dos enrolamentos do gerador pode causar corrosão, deterioração dos circuitos e até mesmo curtos-circuitos e falhas prematuras de isolamento.

Tanques de Combustível (Diesel)

Tanques diários: Os tanques instalados no grupo gerador, ou próximo deste, que fornecem o combustível para o grupo gerador são chamados de tanques diários (embora os mesmos não contenham necessariamente o combustível suficiente para um dia de operação). Esses tanques são usados como uma conveniência ou quando não é prático trazer o combustível desde o local de armazenamento principal do sistema. A distância, a altura acima ou abaixo, ou o tamanho do tanque principal são razões para o uso de um tanque diário. Todos os motores diesel apresentam limitações na capacidade de elevação do combustível (ou restrição de coleta de combustível), pressão nas linhas de combustível (tanto de alimentação quanto de retorno) e temperatura de alimentação do combustível. O combustível é transferido do tanque principal para o tanque diário através de uma bomba de transferência, geralmente controlada por sistema automático que utiliza sensores de nível instalados no tanque diário. Se o tanque diário for pequeno, o retorno do combustível é bombeado de volta ao tanque principal para evitar o superaquecimento do combustível. Para maiores detalhes, consulte sistemas de combustível na seção *Projeto Mecânico*.

Tanques sob a base: Geralmente maiores do que os tanques diários, os tanques sob a base são construídos na estrutura de base do grupo gerador ou de modo que o chassis do grupo gerador possa ser montado diretamente sobre ela. Estes tanques armazenam uma quantidade de combustível necessária para um certo número de horas de operação, como 12 ou 24 horas. Freqüentemente, os tanques sob a base são de parede dupla e incorporam um tanque secundário ao redor do reservatório do combustível para fins de retenção do combustível em caso de vazamento no tanque principal. Muitas normas locais exigem um reservatório secundário de contenção de combustível como uma estrutura de parede dupla juntamente com monitoramento total dos tanques principal e secundário.

Montagem dos Isoladores de Vibração

Para reduzir as vibrações transmitidas ao edifício ou à sua estrutura de montagem, os grupos geradores são freqüentemente montados sobre isoladores de vibração. Estes isoladores podem ser de mola (mais comum) ou coxins de borracha. Em geral, os isoladores de vibração têm um desempenho de 90% ou maior, e, é comum excederem 95%. A capacidade de suporte de peso e o posicionamento correto dos isoladores são críticos para seu desempenho. No caso de grupos geradores maiores com tanques sob a base, os isoladores freqüentemente são instalados entre o tanque e a estrutura da base.

Painéis de Transferência

Os equipamentos de transferência ou comutação de energia tais como chaves de transferência ou painéis de paralelismo, embora não sejam o assunto deste manual, são partes essenciais de um sistema de "energia standby". São mencionados aqui para ressaltar a importância das considerações e decisões sobre esses equipamentos na fase inicial de um projeto. O sistema de comutação de energia para um projeto está diretamente relacionado à classificação do grupo gerador (consulte a seção *Projeto Preliminar*), à configuração do sistema de controle, aos equipamentos acessórios que possam ser necessários para o grupo gerador. Para maiores detalhes sobre este tópico, consulte os outros manuais de aplicação: *T011 - Sistemas de transferência de energia e T016 - Paralelismo e chaves seletoras de paralelismo*.

Dispositivos necessários para o paralelismo de grupos geradores: Em aplicações de paralelismo, para melhorar seu desempenho e para proteger o sistema contra as falhas que geralmente ocorrem, os grupos geradores devem ser equipados com:

- Supressores de paralelismo para proteger o sistema de excitação do gerador dos efeitos de defasagem do paralelismo.
- Sistema de proteção contra perda do campo magnético, que desconecta o grupo gerador do sistema para evitar uma possível falha no sistema.
- Sistema de proteção contra potência reversa, que desconecta o grupo gerador do resto do sistema para evitar que uma falha em seu motor provoque uma condição de alimentação reversa que possa danificar o grupo gerador ou desabilitar o restante do sistema.
- Governo eletrônico isocrônico para permitir o uso de sincronizadores ativos e equipamento de compartilhamento de carga isócrona.
- Equipamento para controlar a energia de saída reativa do grupo gerador e compartilhar a carga corretamente com outros grupos geradores em operação. Isto pode incluir a compensação de corrente cruzada ou controles contra instabilidades reativas.
- Controlador Var/FP para controlar a potência de saída reativa do grupo gerador nas aplicações de paralelismo com a rede da fonte principal de energia.

Os sistemas de controle baseados em relés ou em relés/circuitos integrados requerem equipamento adicional para atender aos requisitos mencionados.

Do ponto de vista da conveniência e da confiabilidade, é desejável um sistema de controle integrado baseado em microprocessador e contendo as funções listadas acima (como o sistema PowerCommand™ da Cummins Power Generation) .

Necessidade de equipamentos adicionais

Em certas aplicações, como de as do tipo energia "Prime" ou "Contínua", média tensão, paralelismo com a rede da concessionária e algumas outras; podem ser necessários (ou desejáveis) alguns equipamentos adicionais, em geral, disponíveis como opcionais ou obtidos mediante uma solicitação especial. A lista destes equipamentos inclui:

- RTDs, componentes eletrônicos resistivos para medida de temperatura, instalados sobre os enrolamentos do alternador para monitorar a sua temperatura.
- Termistores instalados nas extremidades das espiras do alternador, para monitorar a temperatura nos enrolamentos.
- CTs diferenciais para monitorar a falha de isolamento dos enrolamentos.
- Monitoramento e proteção contra falha de aterramento do sistema.
- Pirômetros para medição da temperatura do escape.
- Sistemas de recirculação de vapores do respiro do cárter do motor.

CAPÍTULO 5

5 – PROJETO ELÉTRICO 63
Descritivo 63
Projetos típicos para um sistema elétrico 63
Considerações sobre o projeto 64
Requisitos 64
Recomendações 65
Sistemas típicos para baixa tensão 66
Sistemas típicos para médias ou altas tensões 70
Escolhendo o transformador para um grupo gerador 73
Transformadores tipo Subestação 73
VPI (“Vacuum Pressure Impregnation”) 73
Encapsulado em resina epóxi (“Cast Resin”) 73
Tranformadores com líquido isolante 73
Óleo Mineral 74
Óleo com alto ponto de ignição 74
Transformadores tipo Pedestal (“Pad Mounted”) 74
Configuração dos enrolamento de um transformador 74
Classificação de tranformadores 77
Modo de arrefecimento 77
Comutadores de carga (“Tap Changers”) 77
Impedância do transformador 77
Conexões 77
Geradores sigelos (unitários) versus geradores conectados em paralelo 78
Riscos 80
Geradores conectados em paralelo com a rede pública de energia 81
Sistema de proteção para a rede pública de energia conectada em paralelo com geradores 81
Distribuição de energia 83
Selecionando um sistema de distribuição 83
Conexões Elétricas 85
Descritivo 85
Isolamento de vibrações 85
Áreas sujeitas à abalos sísmicos 85
Fiação de controle 85
Circuitos de ramificação para os acessórios 85
Conexões de CA no gerador 85
Disjuntores em “caixa moldada” montados no gerador (termo-magnéticos ou com circuitos integrados) 85
Comutador (em caixa moldada) para desconexão montado no gerador 86
Terminais do gerador 86
Condutores de corrente alternada (CA) 87
Cálculos para a queda de tensão 88
Desbalanceamento permitido para cargas monofásicas 88
Redução do Fator de Potência pela Carga 90
Aterramento do sistema e dos equipamentos 90
Aterramento do sistema (Ligação à terra) 90

Aterramento sólido 91
Impedância (resistência) de aterramento 91
Não aterramento 93
Aterramento de equipamentos (ligação ao terra) 93
Coordenação seletiva 93
Recomendações sobre a localização dosequipamentos 96
Proteção dos grupos geradores contra falhas e sobrecorrentes 97
Dimensionamento de um disjuntor para o barramento principal do gerador 97
Fontes dos grupos geradores 97
Proteção dos geradores contra sobrecargas 101
Zona de proteção 101
Sistemas do tipo “Emergência” e “Standby” de 600 volts ou menos 101
Disjuntor do grupo gerador 101
Projeto inerente e falhas balanceadas 101
Controles PowerCommand e AmpSentry..... 102
Indicação e proteção contra falhas de terra 102
“Energia Prime” e “Ininterrupta” em 600 Volts ou menos 102
Média tensão,todas as aplicações 103
Proteção contra surtos de alta tensão em geradores de média tensão..... 103

5 PROJETO ELÉTRICO

Descritivo

O projeto elétrico e o planejamento de um sistema de geração local de energia elétrica são críticos para a operação correta e a confiabilidade deste sistema. Esta seção inclui o projeto de instalação do grupo gerador e dos sistemas elétricos relacionados, sua interligação com a rede publica de energia elétrica e tópicos relativos à proteção da carga e do gerador. Um recurso importante para se documentar e especificar o projeto de um sistema elétrico são os chamados diagramas unifilares, como o exemplo mostrado na **Figura 2-1**.

A instalação elétrica do grupo gerador e de seus acessórios deve seguir as normas técnicas para instalações elétricas estabelecidas pelas autoridades locais. A instalação elétrica deverá ser feita por eletricistas qualificados e experientes ou por uma empresa contratada.

Projetos típicos para um sistema elétrico

Esta seção apresenta exemplos de projetos típicos de sistemas elétricos usados em aplicações para geração de energia “on-site” de baixa e média/alta tensão. Isto inclui as descrições de diferentes métodos de geração de média tensão tais como o uso de transformadores em conjunto com sistemas compostos por um ou múltiplos geradores. Como é impossível apresentar todas as combinações existentes, os projetos apresentados nesta seção são aqueles usados com mais frequencia.

Muitos dos projetos apresentados incluem configurações de geradores conectados em paralelo, seja com a rede pública de energia elétrica ou conjuntos de vários grupos geradores. Também é apresentada uma breve discussão sobre as vantagens e riscos associados com com este tipo de configuração.

- Mais informações sobre grupos geradores conectados em paralelo podem ser encontradas na publicação T-016, Manual de Aplicação Cummins Power Generation.

Devido ao fato de que tornou-se generalizado o uso de transformadores para geração de energia em médias tensões, este capítulo foi acrescido de um tópico sobre estes dispositivos e sobre os fatores envolvidos na escolha do transformador correto para esta finalidade.

Os projetos de sistemas elétricos tendem a variar consideravelmente conforme as necessidades, ou funções primárias do equipamento de geração de energia. Em geral, o projeto de um sistema que foi otimizado para a função de “serviço de emergência” não será adequado (ou não apresentará o mesmo desempenho otimizado) para “serviços intermitentes” de geração de energia, e, da mesma forma, certamente não será um sistema adequado para uma aplicação do tipo “energia prime”. As diferenças entre estes vários tipos de configuração podem ser fácilmente identificadas nos diagramas unifilares para cada um destes tipos de projeto. Por exemplo, nas aplicações do tipo “energia prime” os grupos geradores estão no “topo” do sistema de distribuição, enquanto que nas aplicações do tipo “standby” e, especialmente, nas aplicações de “emergência”, os grupos geradores estão conectados mais diretamente às cargas críticas situadas na “base” do sistema de distribuição. Os pontos de transferência de suprimento de energia em aplicações do tipo “energia prime” tendem a ficar no topo do sistema de distribuição, chaveando grandes conjuntos de carga, frequentemente com o uso de pares de disjuntores. Por outro lado, nos sistemas do tipo “emergência” e “standby” frequentemente se utilizam chaves de transferência situadas numa “hierarquia” muito mais abaixo nos diagramas do sistema de distribuição de energia (ou seja, mais próximas às cargas).

Outras diferenças são mais sutis. Os recursos de proteção em um sistema “standby” são minimizados em favor de uma maior confiabilidade do sistema, enquanto que nas aplicações do tipo “energia prime” é dada maior ênfase à proteção do equipamento. Com freqüência, a “coordenação” do sistema é mais relevante em aplicações de “emergência”.

Em aplicações “standby” é comum se fazer um agrupamento de cargas baseado na localização das cargas dentro da instalação, por outro lado, em aplicações de “emergência”, o agrupamento das cargas é baseado na prioridade do fornecimento de energia.

Em qualquer projeto de sistema, as normas técnicas e padrões locais terão um impacto significativo no projeto elétrico como um todo, no hardware e em outros detalhes da sistema.

- As normas técnicas e padrões locais devem sempre ser consultados antes de qualquer trabalho de modificação no projeto.

Esta seção tem o objetivo de apresentar estes pontos mais importantes e outros detalhes, e fornecer uma diretriz geral sobre o projeto de um sistema de potência.

Considerações sobre o projeto

Em vista das grandes diferenças entre aplicações, instalações e condições, os detalhes da fiação e dos dispositivos de proteção contra o excesso de corrente na rede de distribuição energia para um sistema de geração local devem ficar a cargo de um engenheiro. Entretanto, existem algumas diretrizes gerais que devem ser consideradas em um projeto.

- O projeto da rede de distribuição elétrica para sistemas de geração local de energia de "emergência" deve minimizar as interrupções causadas por problemas internos tais como sobrecargas ou falhas. Isto inclui a coordenação seletiva de dispositivos de proteção contra o excesso de corrente na rede, assim como, a decisão sobre o número e a localização dos equipamentos de comutação e transferência a serem usados no sistema. Para oferecer melhor proteção contra falhas internas de energia, os equipamentos de comutação e transferência deverão estar localizados o mais próximo possível dos equipamentos que utilizarão a carga.
- Deve haver uma separação física entre as redes de distribuição da tensão produzida no grupo gerador e a tensão proveniente da fonte usual de energia de modo a evitar a possível ocorrência de danos ou mesmo a destruição de ambas como resultado de algum evento catástrófico, tal como um incêndio ou uma inundação.
- Devem haver chaves de "*by-pass*" para as chaves de transferência. Desse modo as chaves de transferência podem passar por reparos ou manutenções preventivas, sem que haja interrupção no fornecimento de energia para cargas críticas.
- Recursos para bancos de carga permanentes ou para facilitar a conexão com bancos de carga temporários sem afetar a fiação permanente, como um disjuntor da alimentação de reserva instalado convenientemente para permitir o teste do grupo gerador sob uma carga substancial.

  NOTA: Os bancos de carga instalados em frente ao radiador de um grupo gerador devem ser apoiados sobre o chão ou sobre alguma outra estrutura do edifício, e não deverm ser apoiados no radiador ou adaptador do duto. Estes componentes do grupo gerador não são projetados para servir de suporte para o peso ou o balanço de um banco de carga.
- Instalação de circuitos para divisão de cargas ou sistemas para seleção prioritária de cargas como prevenção para os casos de redução da capacidade do gerador ou da perda de uma unidade geradora em um sistema com geradores em paralelo.
- Proteção contra incêndios para os condutores e para os equipamentos que executem funções críticas, tais como, bombas de combate a incêndios, elevadores para uso pelo corpo de bombeiros, iluminação das saídas de emergência para uma evacuação, equipamentos para remoção de fumaça ou ventiladores de pressurização, sistemas de comunicação, etc.
- A segurança e a facilidade de acesso aos painéis de comutação e aos painéis de comando onde estão os dispositivos contra sobrecorrente e os equipamentos de comutação de transferência para o sistema de distribuição para a rede local de energia.
- Recursos para a conexão de geradores temporários (locação de grupos geradores portáteis) durante os períodos em que o grupo gerador permanente encontrar-se fora de serviço ou quando interrupções prolongadas no fornecimento pela fonte usual de energia tornarem necessário o fornecimento de energia para outras cargas (ar-condicionado local, etc.).

Requisitos

- Os equipamentos que fazem parte de instalações mais complexas, conectados à rede de distribuição de energia, podem estar sob a responsabilidade de diversos proprietários. A propriedade e a responsabilidade pela operação destes equipamentos devem ser claramente definidas e seguidas. (Para maiores informações consulte o ítem "Distribuição de potência", neste capítulo).

Recomendações

- Mais informações sobre a conexão em paralelo de grupos geradores são apresentadas na publicação T-016, Manual de Aplicação da Cummins Power Generation. (Para maiores informações consulte o ítem "*Projetos Típicos de Sistemas Elétricos*", neste capítulo).
- Os códigos e as normas técnicas locais devem sempre ser consultados antes de iniciar ou modificar qualquer projeto. (Para maiores informações consulte o ítem "Projetos Típicos de Sistemas Elétricos", neste capítulo).
- Ao se avaliar o custo total para aquisição dos equipamentos de geração de energia, a definição do quão crítica será a instalação irá influenciar a decisão sobre o grau de redundância com o qual o sistema de geração de energia será montado. Alguns códigos e normas técnicas locais podem exigir que seja oferecido um serviço contínuo de fornecimento de energia para cargas críticas especificadas por lei e, a natureza crítica de algumas instalações pode exigir recursos similares para os serviços de manutenção.

  Para um sistema composto por vários grupos geradores conectados em paralelo, o custo de manutenção e os períodos de inatividade associados com o uso de grupos geradores temporários podem ser evitados. Estes fatores também podem influenciar o número de grupos geradores necessários para a instalação. (Para maiores informações consulte o ítem "Geradores simples versus geradores em paralelos", neste capítulo).
- Embora possa parecer mais econômica à primeira vista, a instalação de um único grupo gerador é também menos versátil, e, pode ser menos eficiente, em especial, para cargas parciais. Em aplicações do tipo "energia prime", os grupos geradores diesel de alta velocidade podem apresentar um custo menor ao longo do seu ciclo de vida útil, devido à sua maior eficiência e menor custo de manutenção em relação às máquinas maiores que funcionam a menores velocidades. (Para maiores informações consulte o ítem "Geradores simples versus geradores em paralelos", neste capítulo).
- Normalmente, geradores que funcionam conectados em paralelo com a fonte principal de energia (por exemplo, com a rede pública de energia) por períodos de tempo menores que 5 minutos por mês não são requisitados para integrar o sistema de proteção contra perda da fonte primária de energia. Todavia, o risco de danos que podem ser causados na eventualidade de uma falha momentânea no fornecimento pela fonte primária de energia deve ser avaliado e a decisão apropriada deve ser tomada. (Para maiores informações consulte o ítem "Geradores combinados e sistemas de utilidade", neste capítulo).

Nota do tradutor: *Em algumas partes deste capítulo poderá ser encontrado o termo "utilidade" fazendo referência à energia elétrica fornecida pela rede pública. Este termo foi traduzido do termo "utility", que aparece no manual original em inglês. O termo "utility" corresponde à uma expressão idiomática usada em alguns países de língua inglesa para designar empresa ou organização responsável pela manutenção da infraestrutura de uma rede pública e/ou pela prestação de serviços públicos de suprimento de energia elétrica, gás, água potável, telecomunicações, etc. O termo "utility" pode ainda ser usado para fazer referência ao produto ou serviço propriamente dito.*

Assim sendo, o termo "utility", ou "utilidade", pode se referir à concessionária de serviços públicos de energia elétrica, à rede pública de energia elétrica, ao cabeamento interno por onde provém a energia fornecida pela rede pública de energia elétrica ou simplesmente à energia fornecida pela rede pública de energia elétrica.

Sistemas típicos para baixa tensão

Existem muitas configurações possíveis para os projetos de sistemas de geração de energia, todavia com o objetivo de assegurar maior confiabilidade, os sistemas são geralmente configurados para que o(s) grupo(s) gerador(es) seja(m) conectado(s) em baixa tensão, e, utilizem o menor número possível de transformadores e disjuntores entre o grupo gerador e as cargas que serão alimentadas. Em geral, muitas normas técnicas regionais exigem que as cargas de emergência sejam eletricamente separadas das cargas não-emergenciais e, que estas cargas tenham preferência no fornecimento de energia.

Com o objetivo de assegurar maior confiabilidade no fornecimento de energia para as cargas mais críticas, deve-se fazer com que na eventualidade de uma sobrecarga, as cargas não-emergenciais possam ser desconectadas, todavia, mantendo-se a energia para as cargas de emergência. Na maioria dos casos um condutor neutro será necessário; dado que muitas cargas e seus controles em baixa tensão são monofásicos, e necessitam de um condutor de retorno. Um cuidado maior deve ser tomado quanto ao aterramento neutro do sistema e quanto aos requisitos de chaveamento neutro.

A figura abaixo apresenta um projeto que pode ser usado para aplicações do tipo “energia prime” de menor porte.

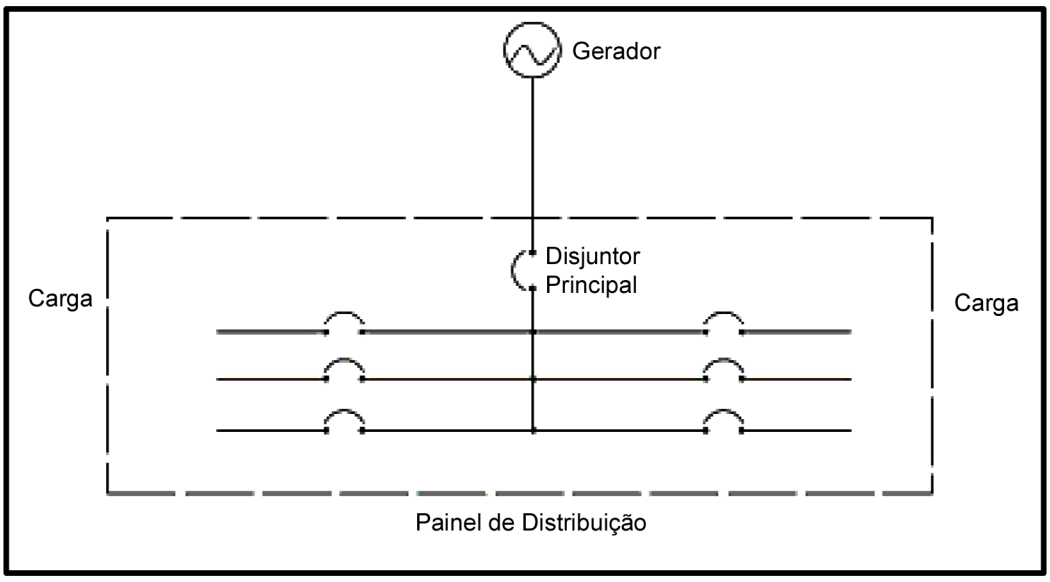


Figura 5-1. Grupo gerador fornecendo energia para cargas comuns.

Em geral, grupos geradores são fornecidos com um disjuntor principal que é montado no próprio grupo gerador e a energia para cargas é fornecida através de um painel de distribuição separado como ilustrado na **Figura 5-1**. Os geradores são fornecidos com um sistema de “proteção contra sobrecorrente”, e isso pode ser feito de diversas formas, o que inclui um disjuntor montado no painel de distribuição (**Figura 5-1**).

Em geral, os grupos geradores necessitam de um sistema de proteção contra sobrecorrente, todavia, a proteção contra curto-circuitos não é exigida. (ex. não há necessidade de uma proteção contra curto-circuito entre o grupo gerador e o disjuntor principal).

A importância disso é que o sistema de proteção contra curto-circuitos pode ser colocado no grupo gerador ou em um painel remoto. Caso não haja um disjuntor instalado no grupo gerador, as normas técnicas podem exigir que seja instalada uma chave de desconexão para que haja um ponto de isolamento para o grupo gerador. Consulte os códigos e normas técnicas locais quanto aos requisitos de desconexão ou isolamento de geradores.

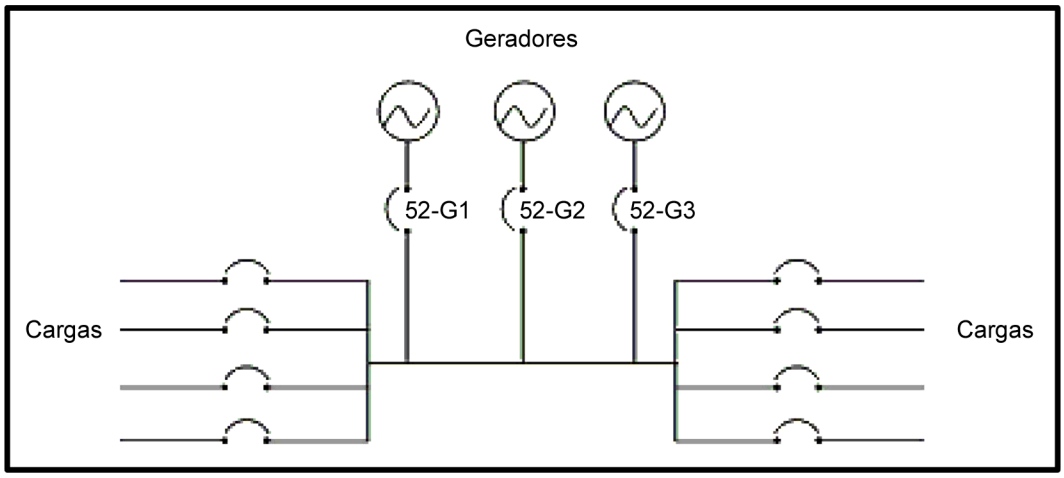


Figura 5-2. Grupos geradores múltiplos fornecendo energia para cargas comuns.

A **Figura 5-2** mostra uma aplicação similar com geradores, conectados em paralelo, substituindo um único grupo gerador. Nesta configuração, podem ser utilizados grupos geradores de tamanhos diferentes com o objetivo de permitir a diminuição do consumo de combustível em uma determinada instalação. Isto pode ser feito combinando-se a capacidade de geração de energia de cada equipamento com os valores de consumo das cargas que compões o sistema. O uso de grupos geradores de diferentes capacidades (tamanhos) pode exigir arranjos especiais para o aterramento do sistema. (Para maiores informações sobre os requisitos para o aterramento consulte o ítem “Aterramento do sistema e dos equipamentos”, neste capítulo).

A **Figura 5-3** apresenta o diagrama elétrico típico para um sistema de transferência (chaveamento) de distribuição de energia que utiliza um único grupo gerador para o fornecimento de energia elétrica em baixa tensão. Este tipo de configuração pode ser utilizado em diversas instalações domésticas, comerciais e industriais (de pequeno porte). Uma chave de transferência automática (CTA, ou ATS), que pode utilizar contatores, disjuntores ou um módulo de transferência dedicado, é usada para intercambiar o fornecimento de energia para a carga a partir da fonte usual de energia (rede pública) ou a partir do grupo gerador. Geradores de três pólos e disjuntores, ou chaves de fusíveis, para a da fonte usual de energia são frequentemente usados para limitar o nível de uma falha que possa, eventualmente, ocorrer na CTA.

A CTA pode ser um dispositivo de 3 pólos (sólida, neutro não-chaveado) ou de 4 pólos (neutro chaveado). Normalmente, um equipamento CTA de 4 pólos é usado em aplicações onde há a necessidade de se isolar o neutro da rede do neutro do gerador. A seleção de um equipamento para chavear o neutro pode estar relacionada a critérios de segurança ou à necessidade do sistema incorporar dispositivos para detecção de falha no aterramento.

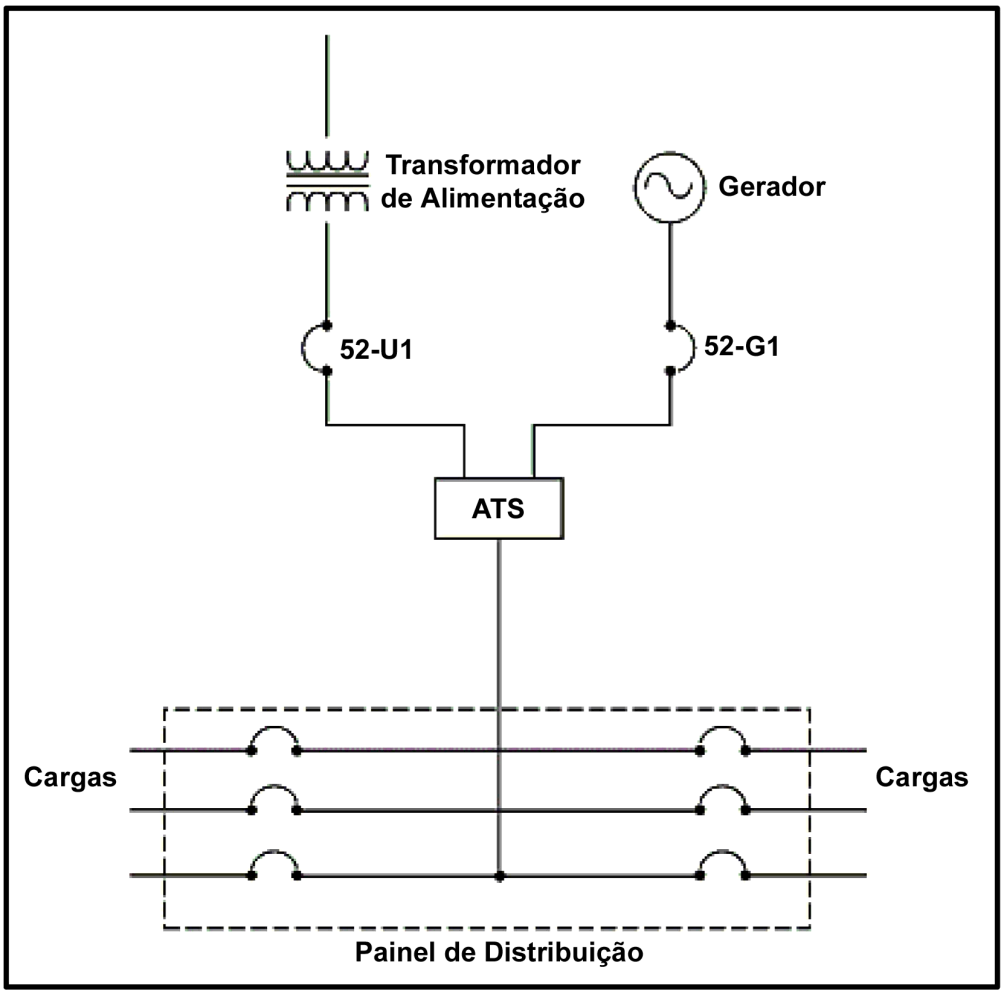


Figura 5-3. Grupo gerador único em aplicações do tipo “standby”.

A empresa distribuidora de energia elétrica deve ser consultada para confirmar qual o tipo de sistema de aterramento é usado na rede pública de distribuição de energia que alimenta o local, e, verificar se o projeto de aterramento proposto para as instalações do cliente é apropriado. Chaves de transferência automática (CTA) e grupos geradores não devem ser conectados à rede pública da empresa distribuidora de energia elétrica antes que esta revisão seja feita (e o projeto seja aprovado pela distribuidora de energia elétrica, caso esta aprovação seja exigida pela legislação local).

Note que alguns códigos e normas técnicas locais podem exigir o uso de chaves de transferência múltiplas devido à necessidade de se isolar as cargas de “emergência” das cargas “standby”. Nestes casos, as chaves de transferência podem estar localizadas próximas das cargas nos respectivos paineis de distribuição de energia e, o grupo gerador também pode precisar de um painel de distribuição quando os disjuntores de alimentação para o equipamento CTA não puderem ser montados no próprio grupo gerador.

Sistemas de maior capacidade podem utilizar múltiplas unidades CTA (ATS) e sistemas de proteção localizados próximos às cargas. Frequentemente, sistemas múltiplos são considerados mais confiáveis do que aqueles que usam uma única chave CTA (ATS) de grande porte. O motivo para isso é porque as falhas nos sistemas de distribuição de energia ocorrem com maior probabilidade nas suas extremidades, próximas às cargas, portanto, o uso de chaves múltiplas resultaria em uma probabilidade menor do sistema de distribuição ser corrompido na eventualidade de ocorrer uma falha. Para mais informações sobre os equipamentos CTA (ATS) e suas aplicações, consulte a publicação T-011, “Manual de Aplicação Cummins Power Generation”.

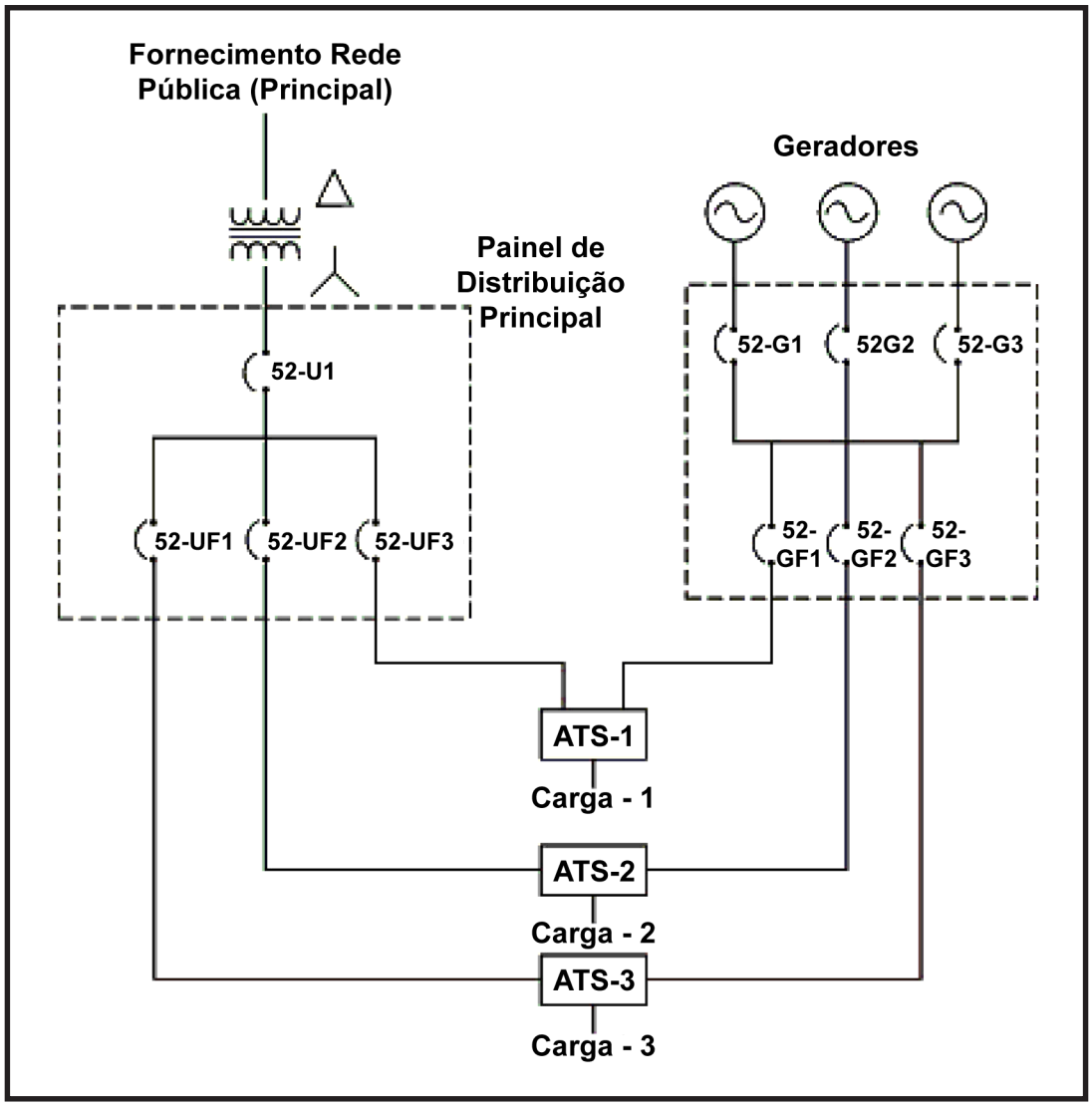


Figura 5-4. Grupos geradores múltiplos e chaves CTA (ATS) múltiplas.

A **Figura 5-4** apresenta um projeto adequado para instalações de maior porte, particularmente onde muitos edifícios são alimentados pela mesma instalação de grupos geradores. Nesta configuração, são utilizadas três unidades CTA (ATS), conectadas à rede pública de energia e a um sistema grupos geradores. Esta configuração pode ainda ser adaptada para utilizar cabeamentos separados provenientes da rede pública de energia elétrica.

É comum que se utilizem dispositivos de chaveamento de quatro pólos em sistemas compostos por grupos geradores de três pólos e por disjuntores ou chaves de fusíveis de três pólos conectados à rede pública de energia elétrica.

Cada CTA (ATS) possui um sensor automático para detectar falhas da energia proveniente da rede pública e, além de enviar um sinal de partida para o sistema de grupos geradores, irá efetuar o chaveamento da alimentação para o sistema de grupos geradores assim que o mesmo esteja funcionando dentro de uma faixa de tolerância aceitável. Esta configuração permite a montagem de um sistema versátil de geração de energia e pode ser fácilmente adaptada para o uso de grupos geradores unitários ou múltiplos.

Sistemas típicos para médias ou altas tensões

A geração de energia em média ou alta tensão, em geral, é utilizada nas situações onde a demanda por potência faria com que a corrente elétrica num sistema de baixa tensão excedesse os limites usuais para aplicações práticas. Em aplicações práticas, isto ocorreria quando a capacidade exigida do sistema excede 4000 ampères ou mais. Os sistemas de média ou alta tensão também podem ser mais adequados quando a energia deve ser distribuída para locais situados a uma distância significativa do grupo gerador. Geradores únicos classificados para operar acima de 2,5 MVA e geradores conectados em paralelo classificados para operar acima de 2 MVA são bons exemplos de equipamentos que, em geral, são indicados para aplicações em média tensão.

Alternadores de média tensão não são economicamente viáveis para aplicações em que a potência gerada seja menor que 1000kW, aproximadamente. Nos casos nos quais o consumo de potência é inferior a 1000kW, é provavel que a solução mais adequada seja o uso de um gerador de baixa tensão em conjunto com um transformador elevador de tensão.

Ao se projetar uma instalação para média ou alta tensão, deve-se dar especial atenção para a qualificação e treinamento da equipe que irá trabalhar com os equipamentos, devido ao alto grau das medidas de segurança exigidas por instalações deste tipo.

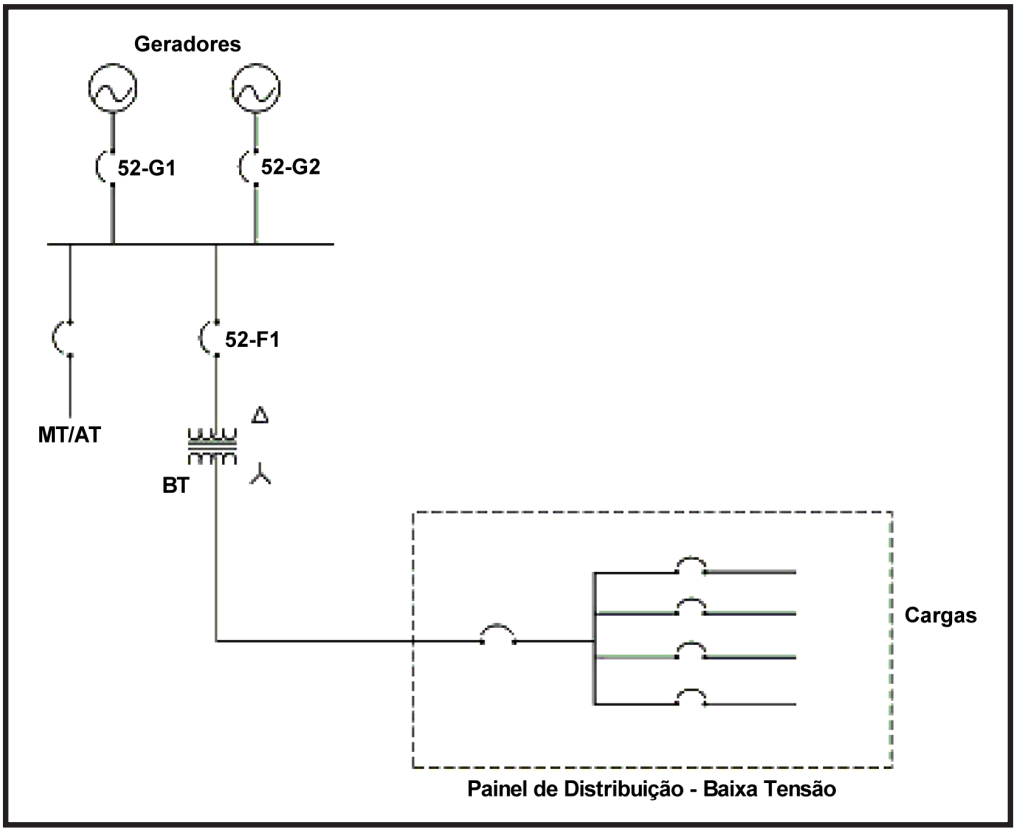


Figura 5-5. Grupo gerador de média/alta tensão para aplicações do tipo “Energia Prime”.

A **Figura 5-5** apresenta um diagrama de conexões para um gerador utilizado em uma instalação do tipo “Energia Prime” e que pode utilizar geradores para média ou alta tensão, unitários ou múltiplos. Para maior simplicidade, a configuração ilustrada apresenta um único transformador alimentando as cargas, todavia, podem ser utilizados transformadores adicionais para mais cargas. Em geral, instalações para médias ou altas tensões são configuradas como trifásicas (três fios), pois, para estas tensões, raramente as cargas são monofásicas.

O neutro para média ou alta tensão não é distribuido pela rede interna de energia e, normalmente, é obtido por meio de um ponto de aterramento localizado o mais próximo possível da fonte de energia para a carga. Pode ser inserida uma impedância entre o neutro e o terra para limitar a magnitude da corrente de falha do aterramento. Isso pode ser feito por meio de um resistor ou reator. Para maiores informações sobre os requisitos para o aterramento consulte o ítem “Aterramento do sistema e dos equipamentos”, neste capítulo.

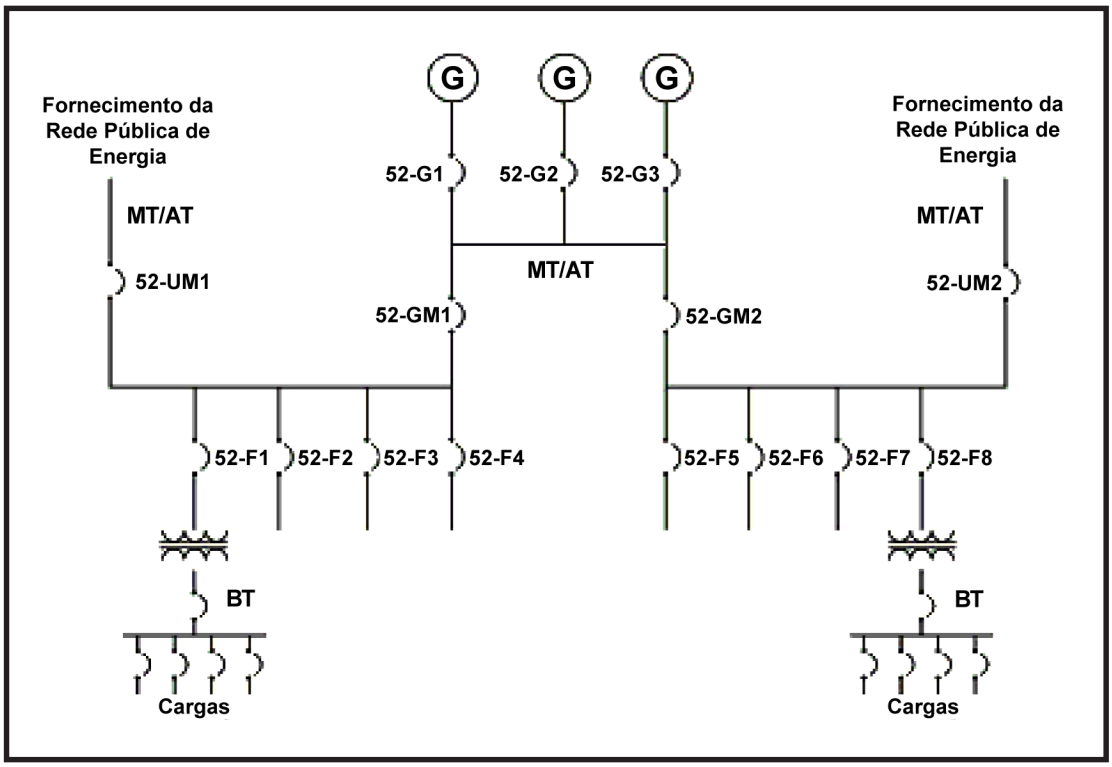


Figura 5-6. Diagrama de uma instalação para médias ou altas tensões utilizando múltiplos grupos geradores, múltiplos cabeamentos provenientes da rede pública de energia elétrica e múltiplas cargas.

A **Figura 5-6** apresenta o diagrama elétrico para uma instalação de grande porte, de média ou alta tensão, como as utilizadas num grande edifício ou num centro de processamento de dados. A instalação tem múltiplas entradas de tensão, provenientes da rede pública de energia e dos grupos geradores, e, normalmente, opera nos modos de "trabalho" e "standby". Existe disjuntores (do tipo "bus-tie", ou seja, de conexão ao barramento), que conectam os grupos geradores e a rede pública de energia ao barramento principal da rede interna de distribuição de energia e podem ser configurados para permitir a conexão em paralelo da rede pública de energia com os geradores sempre que uma das fontes estiver em condições de fornecer energia. Especial atenção deve ser dada ao aterramento para este tipo de instalação. Em muitos casos será necessário conectar uma impedância ao neutro ou instalar sistemas de controle para limitar a intensidade do campo do alternador durante eventuais falhas monofásicas.

Esta é uma configuração muito adaptável e é extensivamente usada em todo o mundo. A incorporação de disjuntores de conexão ao barramento (disjuntores do tipo "bus-tie") aos grupos geradores permite que estes grupos geradores sejam conectados e operados em paralelo na condição "off-line" (ou seja, geradores conectados em paralelo, mas não conectados ao barramento principal da rede interna de distribuição de energia). Isto resulta em uma rápida sincronização entre os geradores e rápida aceitação de carga. Além disso, os geradores podem ser testados "off-line" (desconectados do barramento principal da rede interna de distribuição de energia) auxiliando na manutenção e nos procedimentos de descoberta de falhas.

Em instalações onde houverem muitos transformadores sendo energizados, deve-se prestar especial atenção à escolha de um sistema apropriado de proteção contra sobrecorrentes.

Em instalações configuradas como um "ring bus" deve-se assegurar que os geradores forneçam a corrente de necessária para energizar o sistema sem causar disparos repentinos dos dispositivos de proteção. Para maiores informações sobre dispositivos de proteção contra sobrecorrente e outras sistemas de proteção relacionados consulte o ítem "Proteção dos grupos geradores contra falhas e sobrecorrente.", neste capítulo.

Nota: *O termo "ring bus" se refere à uma configuração onde o barramento principal da rede interna de distribuição de energia forma um circuito fechado. Este circuito é conectado à várias cargas e várias fontes de energia, cada qual por meio de sua respectiva chave disjuntora.*

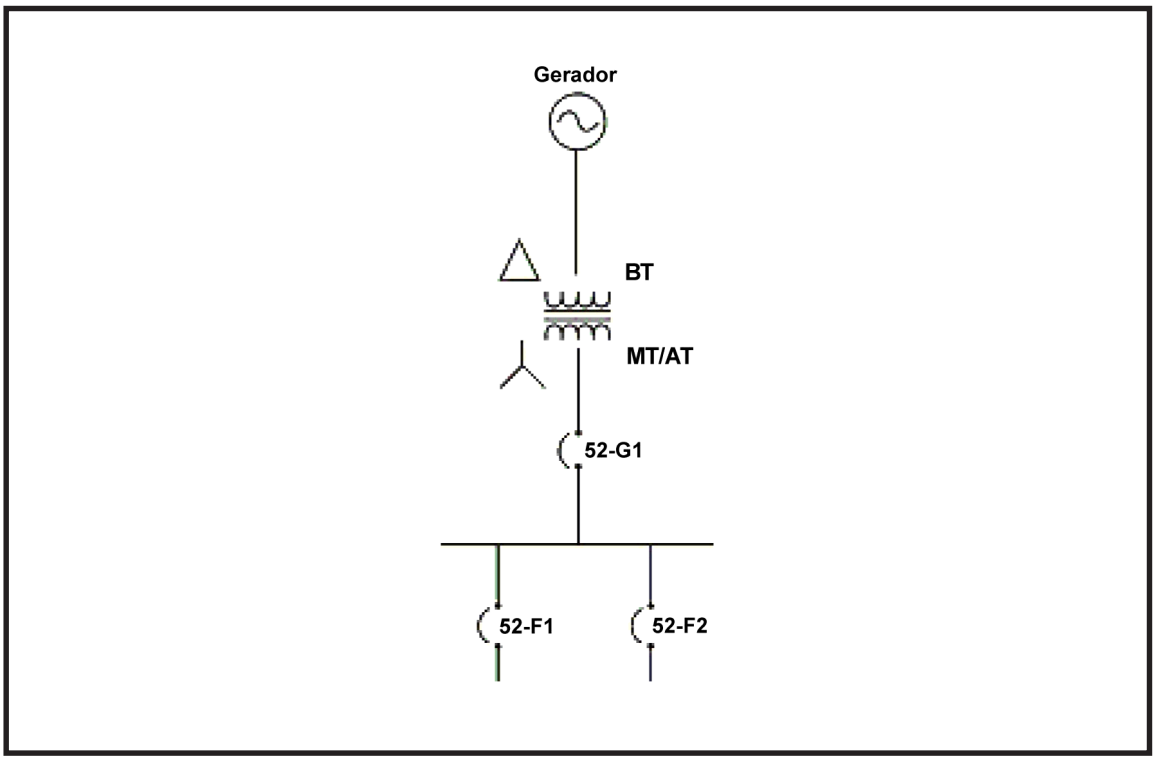


Figura 5-7. Gerador de baixa tensão sendo usado numa aplicação de média/alta tensão.

A **Figura 5-7** mostra um gerador de baixa tensão sendo usado em uma aplicação de média tensão. Um transformador elevador de tensão deve ser usado, permitindo que um gerador padrão de baixa tensão seja usado no lugar de um gerador de média tensão especialmente fabricado para esta finalidade. Neste caso, o conjunto formado pelo gerador e pelo transformador é tratado essencialmente como um gerador de média tensão. Os sistemas de baixa tensão e de média tensão devem ser tratados como sistemas elétricos independentes e é muito importante observar a configuração correta dos enrolamentos do transformador, pois esta costuma ser uma fonte comum de erro nos projetos. Um enrolamento do tipo triângulo (delta) deve ser usado para o circuito de baixa tensão, pois ajuda a eliminar os terceiros harmônicos e permite que o aterramento do neutro (ponto "wye") do gerador seja o único ponto de referência de tensão para o sistema de baixa tensão. O enrolamento de média tensão deve ser configurado como estrela ("wye point") para permitir que o sistema de média tensão tenha uma tensão de referência com relação ao terra, e, isto pode ser feito conectado-se uma impedância entre o ponto de referência (ponto "wye") e o aterramento. Este é um procedimento comum, todavia, alguns sistemas podem exigir outros tipos de aterramento. Uma boa referência para estas procedimentos é a Norma IEEE 142 - "Práticas IEEE Recomendadas para Aterramento de Sistemas de Potência Comercial e Industrial".

Esta é configuração adaptável para combinações múltiplas de gerador/transformador que podem ter diferentes capacidades. Transformadores com classificações e configurações de enrolamento idênticas podem ser utilizados com seus pontos "wye" conectados ao neutro. Quando transformadores com diferentes capacidades são utilizados, os seus pontos "wye" podem ser conectados ao neutro somente nas situações em que os fabricantes dos transformadores permitirem isso seja feito. Quando transformadores de diferentes capacidades são conectados em paralelo, somente um dos transformadores deve ser conectado ao neutro.

Escolhendo o transformador para um grupo gerador

Transformadores distribuição de energia são fabricados em diversas configurações. Em geral, um transformador é classificado conforme a sua aplicação e pelo seu modo de arrefecimento. Em todos os casos o critério de projeto para os transformadores é regulado pela norma ANSI C57.12 e também pela norma NBR 5356.

Conforme o tipo de aplicação, os transformadores podem ser classificados em duas grandes categorias: Subestação e Pedestal ("Pad mounted").

Transformadores tipo Subestação

São transformadores usados dentro de um quadro de distribuição de tensão (subestação) em conjunto com sistemas de chaveamento ou disjuntores que conectam o transformador à rede de média tensão no lado primário, e, um conjunto disjuntores de baixa tensão ou sistemas de chaveamento lado secundário. Um transformador do tipo subestação deve ser instalado em uma área confinada à qual o público não tenha acesso. Isto se deve ao fato de que os transformadores deste tipo não são invioláveis e, é possível ter acesso a peças energizadas, ventiladores, etc. Transformadores do tipo subestação podem ser subdivididos de acordo com o seu modo de arrefecimento. Existem dois tipos de transformadores do tipo subestação:

- à seco
- à óleo (com líquido isolante - "liquid filled transformer")

Transformadores à seco

Existem duas categorias principais para transformadores à seco - "VPI" e Encapsulados em resina epóxi ("cast resin").

VPI ("Vacuum Pressure Impregnation")

Este é o transformador à seco convencional que tem sido mais fabricado ao longo das últimas décadas. A sua classe de isolamento térmico padrão é de 220°C, com um diferencial de temperatura de 150°C sobre uma temperatura ambiente de 30°C (AA). Como opcional, podem ser instalados ventiladores neste tipo de transformador, para melhorar sua refrigeração, o que permite um aumento de 33% na sua potência nominal (Tipicamente denominado como AA/FA na classificação de potência). Esta versão corresponde ao transformador à seco mais barato do mercado.

Transformadores à seco convencionais devem ser usados somente nas aplicações onde seu funcionamento seja contínuo. Os seus enrolamentos, embora encapsulados com verniz, podem se degradar devido à umidade.

Nota do tradutor: *Os transformadores do tipo VPI (Vaccum Pressure Impregnation) são assim chamados devido ao seu processo de fabricação. Numa primeira etapa, são impregnados com resina dentro de uma câmara de vácuo e, em seguida, esta resina é "curada" sob pressão em uma autoclave.*

Encapsulado em resina epóxi ("Cast Resin")

Outra categoria de transformador à seco são os transformadores encapsulados em resina ("cast resin"). Transformadores encapsulados em resina são divididos em duas subcategorias: "full cast" e "unicast".

Tranformador "Full Cast":

Em um transformador "full cast", cada enrolamento individual é completamente encapsulado por uma resina epóxi. O processo de encapsulamento dos enrolamentos é feito dentro de uma câmara de vàcuo que permite que uma resina epóxi flua através dos enrolamentos preenchendo todos os espaços. Como resultado deste processo a resina epóxi, depois de seca, atua simultâneamente como um isolamento dielétrico e como um reforço para a robustez estrutural durante condições de falha. A sua classe de isolamento térmico padrão é de 185°C, com um diferencial de temperatura de 80°C ou 115°C acima de uma temperatura ambiente de 30°C. Como opção, ventiladores (FA) podem ser instalados, o que permite um aumento de 50% na potência nominal sobre a base de classificação AA.

Transformadores "full cast" são os transformadores à seco mais caros do mercado, todavia, a umidade não é um problema nestes transformadores, então eles são apropriados para aplicações de energia não-contínuas.

Transformadores "Unicast":

Este é uma variação do processo "full cast". Ao invés de encapsular cada enrolamento individualmente em resina epóxi, os núcleos primários e secundários são encapsulados simultâneamente em resina epóxi formando uma camada protetora de resina em torno do conjunto de bobinas primárias e secundárias. Normalmente, os enrolamentos individuais são isolados com verniz como no transformador à seco convencional. A sua classe de isolamento térmico padrão é de 185°C, com um diferencial de temperatura de 100°C acima de uma temperatura ambiente de 30°C (AA). Como opcional, podem ser instalados ventiladores neste tipo de transformador, para melhorar sua refrigeração, o que permite um aumento de 33% na sua potência nominal.

Tranformadores com líquido isolante

Os transformadores com líquido isolante usam óleo como meio dielétrico. Diferentemente dos transformadores à seco convencionais, eles são impermeáveis à umidade porque os enrolamentos são completamente imersos dentro de um óleo dielétrico. Todavia, transformadores com líquido isolante necessitam de sistemas de proteção contra incêndios caso sejam usados no interior de edifícios.Em geral, são usados dois tipos de óleo para este tipo de transformador:

- Óleo mineral
- Óleo com alto ponto de ignição

Óleo mineral

O óleo mineral é o menos caro. Transformadores com líquido isolante tem uma elevação normal de temperatura de 55°C acima de uma temperatura ambiente de 30°C. Existem opções para (55°C/65°C) o que permite um aumento de 12% sobre a classificação nominal de potência. Pode-se utilizar um sistema de arrefecimento de ar forçado (ventiladores), o que eleva de 15 a 25% a sua classificação nominal de potência.

Óleo com alto ponto de ignição

Em geral, os fabricantes de transformadores oferecem como líquido com alto ponto de ignição o óleo R-Temp (Indústrias Cooper) ou o óleo de silicone 561 (Dow Corning). Cada vez com mais freqüência, a EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) têm classificado alguns líquidos industriais como ameaças ao meio ambiente (como aconteceu com os PCB's) e, em consequencia, eles tendem a ser retirados do mercado.

Transformadores tipo Pedestal ("Pad Mounted")

Transformadores tipo pedestal são construídos dentro dos mesmos padrões como os especificados pelas normas ANSI para os transformadores tipo subestação. Todavia, os transformadores tipo pedestal tem características especiais de construção. Normalmente, estes transformadores são construídos de forma compartimentalizada e inviolável.

As aplicações mais comuns para os transformadores tipo pedestal são em áreas externas e não restritas, onde o público pode transitar próximo ao equipamento. Transformadores tipo pedestal não possuem recursos opcionais de arrefecimento, como o uso de ventiladores, pois isto comprometeria a sua inviolabilidade.

Os transformadores tipo pedestal mais comuns são os preenchidos com liquido isolante. Isto permite que os transformadores tenham uma certa capacidade de suportar sobrecargas sem a necessidade de usar ventiladores.

Além das classificações apresentadas acima, a escolha do transformador de potência para o grupo gerador é determinada por vários fatores:

- Configuração dos enrolamentos;
- Classificação de potência e tensão;
- Tipo do sistema de arrefecimento;
- Comutador;
- Impedância;
- Conexões.

Configuração dos enrolamento de um transformador

Em geral, a configuração de um enrolamento é determinada pela necessidade de uma referência de tensão do sistema elétrico com relação ao terra. Por convenção, sistemas elétricos são aterrados junto à fonte de energia e, portanto, o enrolamento do transformador que está suprindo energia para um sistema elétrico pode ser provido com um ponto de referência à terra. Assim sendo, para um transformador redutor de tensão, ao qual as cargas estão conectadas ao enrolamento de baixa tensão, o usual é que ele seja configurado como Estrela (WYE) e provido com uma conexão para o ponto comum entre os três enrolamentos (o ponto estrela) que será aterrado. Para um transformador elevador de tensão, ao qual as cargas estão conectadas ao enrolamento de tensão mais alta, é também pressuposto que seja configurado como Estrela (WYE).

Em muitos locais, um grupo vetor típico para enrolamento de transformador pode ser designado como Dyn11, indicando que o transformador tem um enrolamento de média ou alta tensão configurado como Triângulo (DELTA) e um enrolamento de baixa tensão conectado como Estrela (WYE), com o ponto estrela disponível para conexão. O número "11" denota um deslocamento de fase de 30 graus no sentido anti-horário como indicado pela posição 11 horas de um relógio.

Outras conexões comuns são:

YNd11 : Enrolamento de média ou alta tensão configurado como Estrela (WYE), com o neutro disponível, enrolamento de baixa tensão conectado como Triângulo (DELTA), com um deslocamento de fase anti-horária.

Dyn1 e YNd1 : Como os exemplos anteriores, mas com deslocamentos de fase no sentido horário.

YNyn0 : Enrolamento de baixa tensão e o enrolamento de média ou alta tensão configurado como Estrela (WYE), todos com os pontos neutros disponíveis para conexão, e deslocamento de fase zero.

Enrolamentos designados pela letra "Z" correspondem à enrolamentos em ziguezague, enquanto que três grupos de letras indicam que um enrolamento terciário está instalado.

Os grupos vetores mais comumente usados estão descritos na **Tabela-5-1**.

O grupo vetor identifica o tipo de conexão entre os enrolamentos e as relações de fase entre os fasores de tensão designados. Ele consiste em um código de letras que especificam a conexão dos enrolamentos e um código numérico que define o deslocamento da fase.

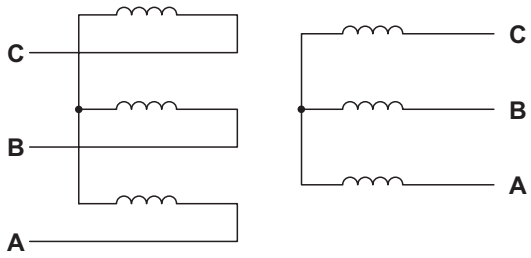
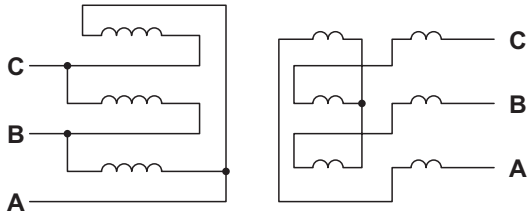
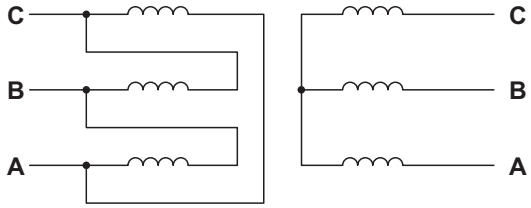
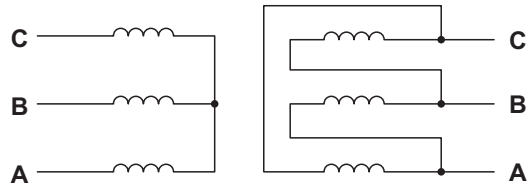
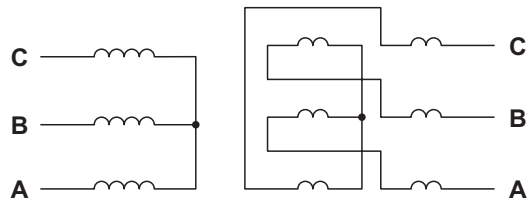
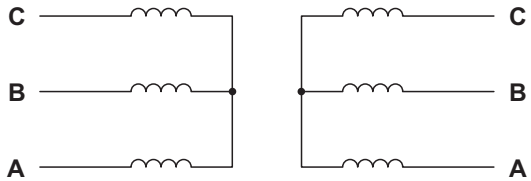
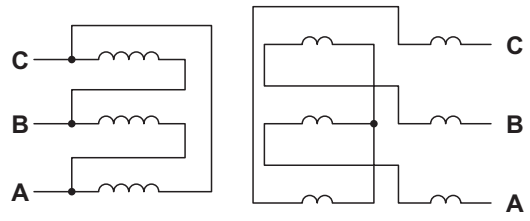
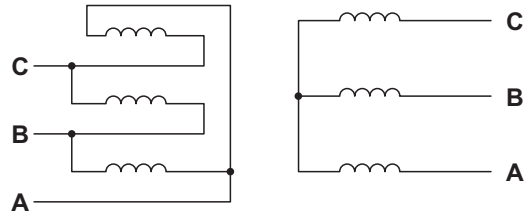
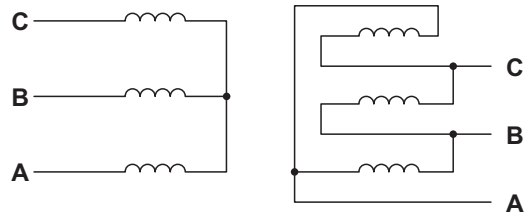
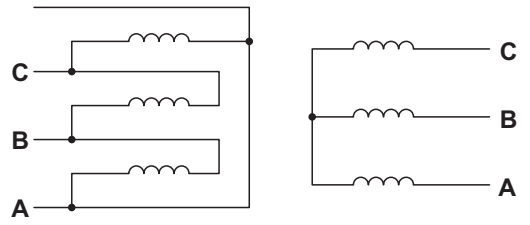
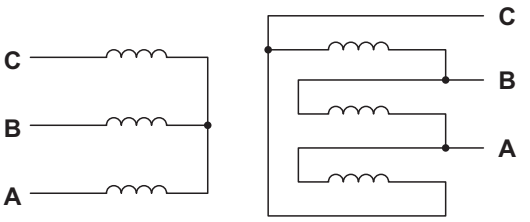
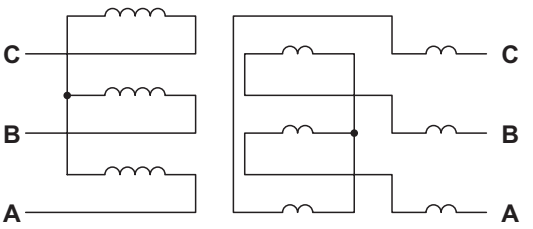
Código	Grupo vetor	Configuração do circuito
0	Yy0	
0	Dz0	
5	Dy5	
5	Yd5	
5	Yz5	
6	Yy6	

Tabela 5-1 Configurações de Enrolamento

Código	Grupo vetor	Configuração do circuito
6	Dz6	
11	Dy11	
11	Yd1	
11	Dy1	
11	Yd11	
11	Yz11	

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

Classificação de tranformadores

Em geral, os transformadores podem receber as seguintes classificações: Classificação Contínua Máxima (*CMR - Continuous Maximum Rate*) e Classificação Contínua de Emergência (*CER - Continuous Emergency Rate*). A escolha da classificação dependerá das expectativas quanto ao ciclo de trabalho do transformador e do sistema elétrico.

Em geral, os transformadores classificados como CMR são mais volumosos e mais caros que transformadores classificadas como CER, entretanto, um transformador CER terá uma vida útil reduzida caso os limites CER sejam ultrapassados, devido ao maior aumento de temperatura. Em geral, é recomendável selecionar os transformadores classificados como CMR para geradores que estejam atuando como fonte de "Energia Prime".

Transformadores classificados como CER podem ser utilizados em aplicações "standby" contanto que o ciclo de trabalho especificado pelo fabricante do transformador não seja ultrapassado

Transformadores são classificados conforme sua potência (em kVA) e ganhos consideráveis na classificação podem ser obtidos se forem utilizados em aplicações com fatores de potência próximos à unidade (1.0).

Modo de arrefecimento

Muitos transformadores usam óleo para o seu arrefecimento e isolamento. Em geral, os transformadores a óleo são mais compactos, todavia, mais pesados que os seus equivalentes encapsulados em resina e isolados a ar. Além disso, os transformadores a óleo são capazes de aguentar condições ambientais mais severas. Frequentemente, podem ser instalados ventiladores para ajudar na dissipação de calor. O sistema de arrefecimento de um transformador é classificado como:

- Óleo (arref.) natural / Ar (arref.) natural (ONAN)
- Óleo (arref.) forçado / Ar (arref.) natural (OFAN)
- Óleo (arref.) forçado / Ar (arref.) forçado (OFAF)

Como o óleo é inflamável e pode causar poluição severa do meio ambiente caso hajam vazamentos, os transformadores a óleo devem ser montados dentro de recipientes capazes de conter até 110% da sua capacidade de óleo.

Em geral, os transformadores a óleo são fornecidos com alarmes para detectar o nível baixo de óleo, sistemas de exaustão para evitar explosões, sistemas de detecção da temperatura do enrolamento e do óleo, e sistemas para detecção da formação do gás.

Comutadores de carga ("Tap Changers")

É comum que transformadores de potência sejam fornecidos com comutadores de carga (TAPs) instalados no enrolamento de tensão mais alta, para possibilitar que a tensão de saída seja ajustada. Normalmente este ajuste é feito com o transformador isolado. Os valores de comutação usuais são ±5%, ±2,5% e 0. Comutadores de carga podem ser úteis em um conjunto gerador/transformador caso valor da tensão da rede pública esteja no seu limite (inferior ou superior) permitido de variação, e, seja necessário um gerador conectado em paralelo com o sistema. Comutadores de carga "*on-circuit*" estão disponíveis no mercado mas geralmente são caros. Muitas vezes ocorrem situações onde a rede de alta tensão opera numa tensão consideravelmente acima do seu valor nominal. Numa situação como esta o uso de um comutador de carga no transformador do gerador pode evitar que o gerador exceda a sua classificação de nominal de tensão.

Impedância do transformador

Nos casos em que a ocorrência de falhas de grande intensidade são previsíveis, um aumento na impedância do transformador pode ser uma solução com uma boa relação custo/benefício, especialmente naquelas aplicações que fazem uso do equipamento por um número limitado de horas. Deve-se tomar cuidado para assegurar que um aumento na tensão através do transformador não force o gerador a trabalhar fora de sua faixa de operação nominal ou, ainda, impeça a combinação e sincronização da tensão.

O fabricante do grupo gerador deve ser consultado para informar se o projeto deste equipamento prevê a sua operação, sob quaisquer condições, com tensões acima de 5% do seu valor nominal de operação.

Conexões

A forma como os cabos devem ser conectados à cada um dos enrolamentos do transformador é determinada pelos tipos dos cabos a serem utilizados. Isto é particularmente importante para os circuitos de alta tensão, onde pode ser necessário o uso de técnicas especiais para fazer a terminação dos cabos, bem como, para os circuitos de baixa tensão, onde um grande número de cabos serão conectados ao transformador. As caixas de conexão para o cabeamento podem ser escolhidas entre os modelos "isolada a ar" e "preenchida com material isolante". Podem ser utilizadas diversas combinações de cabos e técnicas de terminação.
Normalmente, a entrada do cabos na caixa de conexão é feita pelo lado de baixo. Caso a entrada seja feita pelo lado de cima, assegure-se de que seja evitada a entrada de umidade.

Na escolha de um transformador, é importante que os itens acima sejam levados em consideração no que se refere às condições ambientais do local. Isso deve incluir fatores como aquecimento pelo Sol, aquecimento do solo, bem como, temperatura e umidade.

Geradores sigelos (unitários) versus geradores conectados em paralelo

A conexão em paralelo de grupos geradores (neste manual também denominado de "paralelismo") corresponde à conexão síncrona de dois ou mais grupos geradores formado um conjunto. Este conjunto fornece energia para a rede interna por meio de um barramento comum ao qual as cargas estão conectadas, como ilustrado na **Figura 5-8**. Há diversos fatores a serem considerados ao se optar pela instalação de um grupo gerador simples ou pela instalação de grupos geradores múltiplos, entre eles:

- Confiabilidade
- Desempenho
- Custo
- Tipos de carga
- Tamanho do gerador e da sala
- Eficiência
- Variação de carga
- Flexibilidade

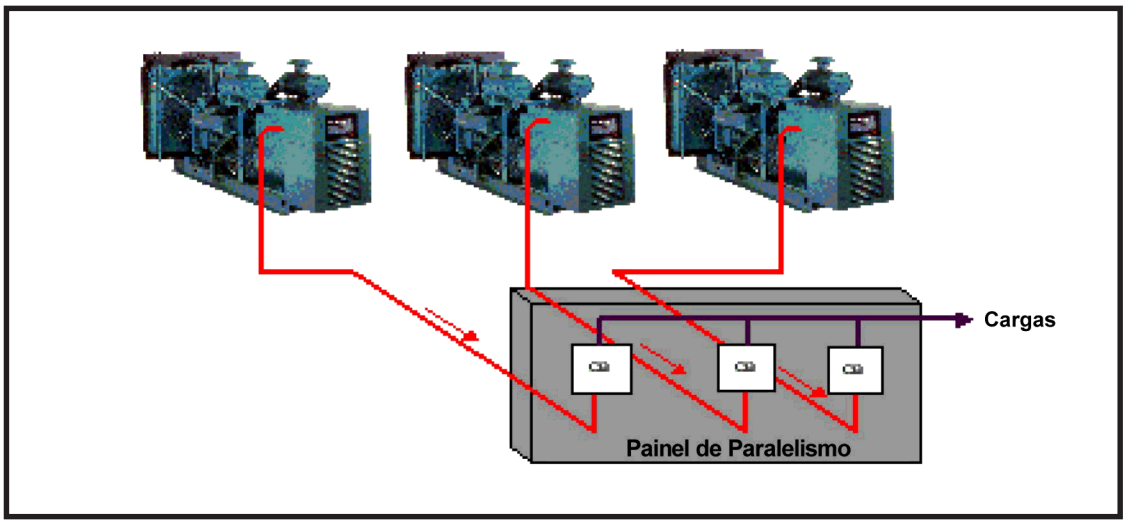


Figura 5-8. Geradores conectados em paralelo.

Confiabilidade

A confiabilidade do sistema é o fator principal que pode influenciar a decisão pelo uso de geradores conectados em paralelo na maioria das instalações do tipo "emergência" ou "standby", tais como, hospitais, centros de processamento de dados, estações de bombeamento de água, etc., onde a confiabilidade do sistema de fornecimento de energia é fundamental, pois as cargas conectadas são críticas. Em casos como estes, o uso de grupos geradores múltiplos e a energização priorizada do sistema permite que cargas mais críticas sejam alimentadas em detrimento de cargas menos críticas. Em sistemas nos quais todas as cargas são necessárias para garantir uma operação adequada, é recomendável o uso de grupos geradores redundantes. O objetivo é assegurar que a falha em um dos grupos geradores não desative o todo sistema.

Normalmente, a conexão de grupos geradores em paralelo exige que o sistema tenha a capacidade de energizar as cargas sequencialmente, em etapas. Do mesmo modo, no caso de falha em algum dos geradores, o sistema deve ter a capacidade de efetuar a "limitação seletiva de cargas" (*load shedding*) para permitir que os geradores operem dentro das classificações nominais.

Uma instalação múltipla deve ser dimensionada para permitir que qualquer um dos grupos geradores possa ser removido do sistema para manutenções de rotina ou reparos sem que haja prejuizo no fornecimento de energia.

Desempenho

O desempenho de um sistema de potência pode se assemelhar ao serviço da rede pública de energia quando os geradores estão conectados em paralelo, pois a capacidade dos grupos geradores agregados em relação às cargas individuais é muito maior que seria no caso de grupos geradores unitários fornecendo energia para cargas separadas. Devido à esta maior capacidade do barramento da rede de energia, o efeito das cargas transientes aplicadas aos grupos geradores por cargas individuais é diminuído.

Custo

Em geral, um conjunto de grupos geradores conectados em paralelo custa mais caro que um grupo gerador simples com a mesma capacidade de geração de energia, exceto nos casos em que os requisitos de capacidade forcem as máquinas a operar com rotação inferior a 1500 rpm. Ao se avaliar o custo de um sistema múltiplo deve ser considerado o "custo total" para sua aquisição, e, deve-se levar em conta fatores como o espaço disponível dentro da edificação, maior número de sistemas de escapamento e mais tubulações, o layout da rede de cabos de energia, requisitos específicos para o quadro de distribuição de energia (ou subestação) e o sistema controle para uma instalação múltipla. A demanda por confiabilidade e o seu consequente benefício devem ser ajustados de acordo com o aumento do custo. O custo da manutenção é um fator essencial para os grupos geradores em instalações do tipo "Energia Prime" ou "co-geração". Embora um grupo gerador simples e de grande porte possa ter um custo igualmente elevado, esta equivalência será reduzida ao se considerar outros fatores associados com os custos de instalação de um sistema com geradores múltiplos.

NOTA: Ao se avaliar o custo total para aquisição de um equipamento, a importância do sistema de geração de energia irá influenciar na decisão sobre o seu grau de redundância. Algumas normas técnicas regionais podem exigir o fornecimento contínuo de energia para suprir cargas "exigidas por lei", e, algumas instalações de natureza crítica podem exigir o mesmo. Caso se opte por utilizar um sistema com grupos geradores conectados em paralelo, é possível evitar os custos associados com grupos geradores temporários durante os períodos em que um sistema (de gerador único) estaria indisponível.

Dimensionamento

O dimensionamento de um grupo gerador e de seu recinto podem ser fatores críticos e podem influenciar na decisão sobre a instalação de grupos geradores simples ou múltiplos. Em geral, um grupo gerador simples é consideravelmente mais pesado que o equipamento correspondente usado em uma configuração paralela. Para instalações no topo de uma edificação ou para instalações nas quais o grupo gerador deve ser alojado no sub-solo ou algum outro espaço confinado, isto pode representar um impedimento, levando a se optar por geradores mais leves e menores. Todavia, o projeto de instalação deve proporcionar um espaço livre para acesso e manutenção das máquinas. Inevitavelmente, este tipo de instalação requer mais espaço por kilowatt gerado.

Eficiência

Eficiência é um fator fundamental caso o sistema de geração esteja produzindo energia do tipo "Carga Básica", esteja sendo utilizado para redução de tarifa da energia da rede pública ou "co-geração". Nas aplicações do tipo "Energia Prime", a versatilidade de um sistema de geradores em paralelo, permitindo que os grupos geradores trabalhem com cargas otimizadas e máxima eficiência irá, com frequencia, compensar os altos custos iniciais em um curto período de tempo.

Tipos de carga

A decisão sobre o tipo de instalação (simples ou paralelo) para um sistema de geração de energia é muito influenciada pelo tipo da carga que será alimentada. Em geral, um gerador simples será a escolha mais econômica para cargas menores que um valor aproximado de 2000 kW, pois o custo de um sistema de controle para conexão em paralelo somado ao custo do equipamento de chaveamento é significativo quando comparado com o custo de um gerador.

Para instalações de pequeno porte, mas essenciais, onde a proteção de dois geradores é necessária mas o custo do equipamento de "paralelismo" é proibitivo, uma instalação "standby" mútua pode ser uma boa alternativa. Nesta configuração um gerador atua como "standby" para o outro. Veja a publicação T-011, "Manual de Aplicação de Chave de Transferência", para maiores informações sobre este tipo de projeto.

Para cargas mais elevadas, a escolha é menos direta. Para cargas em torno de 2 ou 3 MW, pode-se utilizar configurações com geradores simples ou múltiplos pois ambas possibilidades estão disponíveis. Para cargas acima de 3 MW, a escolha é quase sempre por instalações de geradores múltiplos.

NOTA: Embora possa parecer mais econômica à primeira vista, uma configuração de gerador simples é também menos versátil e pode ter uma relação custo-benefício menor. Isso ocorre, principalmente, quando se fornece energia para cargas parciais durante longos períodos.
Em aplicações do tipo "Energia Prime", grupos geradores à diesel, de alta velocidade, podem proporcionar um custo total mais baixo ao longo de todo o seu ciclo de vida útil, devido à sua maior eficiência e custo menor de manutenção em comparação à máquinas maiores e de menor velocidade.

Variação de carga

A "variação de carga" deve ser levada em consideração em qualquer projeto de sistema de geração de energia, pois muitas instalações apresentam grandes diferenças entre o consumo durante o dia e durante a noite, assim como as características das cargas podem apresentar diferenças durante o inverno e o verão.

Uma instalação de grande porte para geração de energia pode ter um consumo de 2-3 MW durante o dia, entretanto, durante a noite, a menos que seja usada para aplicações de processo contínuo, o consumo pode cair para apenas algumas centenas de kW, ou menos. Utilizar um gerador simples (unitário) de grande porte para este tipo de aplicação pode fazer com que o equipamento trabalhe com "carga leve" por muitas horas, o que é prejudicial para o motor. Uma configuração típica para este tipo de instalação poderia utilizar quatro geradores de 1000 kW e um gerador de 500 kW conectados em paralelo. Durante o dia seriam utilizados três dos quatro geradores e, à noite, apenas o gerador menor entraria em funcionamento.

Cargas transientes também tem uma grande influência na especificação da capacidade requerida para um grupo gerador, e, é importante levar em conta todas as combinações de cargas transientes e cargas de estado fixo em quaisquer projetos para assegurar que a qualidade do fornecimento de energia seja mantida. Note que algumas cargas apresentam fatores de potência "dominantes" (i.e.: exigem mais do grupo gerador), e isso deve ser levado em consideração no dimensionamento do grupo gerador e na definição sequência de operação para o sistema (sequência de acionamento das cargas). O software Cummins "GenSize" é uma útil ferramenta de dimensionamento para estes casos e pode ser obtido por meio de nossos distribuidores.

Flexibilidade

A flexibilidade é um fator importante a ser considerado em instalações que possam vir a ser alteradas no futuro. Em geral, uma instalação que contém apenas um grupo gerador simples é difícil de ser alterada, entretanto, instalações com geradores múltiplos podem receber geradores adicionais com relativa facilidade, caso esta possibilidade tenha sido prevista em projeto.

Riscos

Há alguns riscos envolvidos no uso de grupos geradores conectados em paralelo, tanto nos casos em que o sistema de energia é formado por um conjunto de grupos geradores conectados em paralelo, quanto naqueles em que um ou mais grupos geradores estão conectados em paralelo com a rede pública de energia elétrica. Na elaboração de um projeto de instalação, estes riscos devem ser avaliados em comparação com os benefícios proporcionados. São eles:

- Nos casos onde não houver uma adequada "limitação seletiva de cargas" ou "descarte de cargas" (*"load shedding"*), ou nos casos onde a carga é mantida em um nível muito alto, há o risco de um dos geradores falhar e os demais geradores no sistema podem não ser capazes de suportar a carga total. Um sistema para "limitação seletiva de cargas" ou "descarte de cargas" (*"load shedding"*) deve sempre ser incluído nos projetos de geração de energia com equipamentos conectados em paralelo. A capacidade de reserva do sistema, em qualquer momento durante a sua operação, deve corresponder à quantidade de carga que pode ser aceita caso haja uma falha em quaisquer dos geradores que estiverem em funcionamento.
- É possível que nem todos os geradores possam ser conectados em paralelo num mesmo sistema. Caso se utilize um grupo gerador de um fabricante diferente, ou, caso se utilize um grupo gerador com capacidade significativamente diferente dos demais, deve-se consultar o distribuidor local Cummins antes de prosseguir com a conexão do mesmo.
- Um gerador conectado em paralelo com a rede pública de energia torna-se, efetivamente, parte do sistema da rede pública. Caso o projeto de instalação inclua uma conexão em paralelo com a rede pública de energia, deve ser providenciado um sistema de proteção adicional para esta conexão específica. Em geral, este sistema de proteção é especificado e aprovado pela empresa responsável pelos serviços de distribuição da rede pública de energia. Os códigos e normas técnicas locais devem sempre ser consultados quando o projeto de instalação considerar o uso de uma conexão em paralelo com a rede pública de energia.

Nota do tradutor: *O termo "limitação seletiva de cargas" foi usado em referência ao termo "load shedding" do manual original em inglês. Ele se refere à um sistema ou dispositivo que efetua o desligamento seletivo das cargas, conforme o seu grau de prioridade, evitando assim que todo o sistema de geração de energia entre em colapso no caso de uma sobrecarga. Alguns sistemas existentes no mercado também podem efetuar o "religamento seletivo das cargas" tão logo o sistema entre novamente em equilíbrio.*

Geradores conectados em paralelo com a rede pública de energia

Geradores podem ser conectados em paralelo com a rede pública de energia para permitir:

- Intercâmbio entre o fornecimento de energia pela rede pública e pelo gerador, vice-versa, para evitar a queda na rede interna (“no-break”);
- Corte nos picos de consumo da energia proveniente da rede pública (“Peak Shaving”);
- Geração de energia durante os horários de pico de consumo (“Peaking Duty”);
- Co-geração de energia.

A transferência (“no-break”) entre o fornecimento de energia pela rede pública e pelo gerador pode ser feito por meio de uma comutação rápida efetuada por um dispositivo CTA (ATS), ou por meio de uma transição gradual de carga (“load ramping”) utilizando um sistema convencional de conexão em paralelo. Numa comutação rápida efetuada por uma CTA (ATS) o grupo gerador é mantido em operação numa frequência um pouco diferente daquela da rede pública de energia de modo que a relação de fase entre a tensão do gerador e a tensão da rede pública de energia esteja constantemente mudando. Quando as duas fontes estão sincronizadas, elas são conectadas em paralelo por um período de menos que 100 ms, por meio de um dispositivo simples de verificação de sincronismo. Este sistema evita que haja uma interrupção total da energia durante o processo de chaveamento entre fontes vivas, todavia, ele não elimina as perturbações causadas pela mudança brusca de carga nas fontes de energia quando ocorre o intercâmbio. As perturbações podem ser minimizadas (mas não eliminadas) pelo uso de chaves múltiplas em um sistema de transferência. Este procedimento permite que cada chave mude apenas uma pequena porcentagem da carga aplicada ao gerador.

Quando se utiliza uma chave seletora convencional para para o transferência entre as fontes de energia, o gerador deve estar ativamente sincronizado e em paralelo com a rede pública de energia. A transferência da carga entre as duas fontes de energia é feito de maneira gradual e relativamente lenta, permitindo que ocorra um ajuste no consumo de combustível e no(s) sistema(s) de excitação do(s) gerador(es). Estes sistemas de transferência podem ser usados para transferir carga da rede pública de energia para o gerador e vice-versa.

Geralmente, os sistemas digitais de sincronização podem operar dentro de um grande intervalo de variação de tensão e frequência, permitindo a conexão em paralelo com a rede pública de energia mesmo nos casos em que estes parâmetros estejam fora dos níveis de operação aceitáveis. Neste caso, deve-se assegurar que o equipamento de proteção não seja acionado durante o processo de sincronização.

Normalmente, os geradores utilizados para o corte dos picos de consumo da energia, ou “peaking duty”, operam por longos períodos de tempo conectados em paralelo com a rede pública de energia e, portanto, devem ser cuidadosamente selecionados conforme a correta classificação de trabalho. Normalmente, esta classificação será “Contínua” ou “Prime de Período Limitado” (*Limited Time Prime*). Esta escolha é determinada pela quantidade de tempo que o gerador permanece em funcionamento por ano. Para mais informações sobre a classificação de grupos geradores veja a seção 4.

Normalmente, os geradores utilizados para o corte dos picos de consumo da energia são acionados nos períodos em que a tarifa é mais elevada (para reduzir o consumo de pico) e podem ser configurados para produzir um valor de carga pré-determinado, ou ainda, para permitir que a rede pública de energia forneça uma quantidade pré-determinada (fixa) de carga, com o gerador suprindo a diferença.

Geradores utilizados para suprir energia nos “horários de pico de consumo” (*Peaking Duty*) tendem a ser utilizados produzindo a sua carga plena, quando necessário, e, o excesso de energia elétrica pode ser vendido para a concessionária da rede pública em períodos de grande demanda.

O corte dos picos de consumo (*Peak Shaving*) também pode ser feito transferindo-se toda a carga do local para o gerador e desconectando completamente a rede pública (como num procedimento do tipo “no-break”). Consulte os códigos e normas técnicas locais antes de efetuar qualquer projeto ou qualquer mudança nas rotinas de trabalho.

Sistema de proteção para a rede pública de energia conectada em paralelo com geradores

Quando um equipamento de geração de energia é conectado em paralelo com a rede pública os dois sistemas tornam-se um sistema “combinado” e, qualquer incidente que ocorra na rede pública poderá atingir os geradores, e vice-versa. As especificações de um equipamento de proteção para a conexão em paralelo com a rede pública variam de acordo com o tipo de equipamento de geração de energia, com as características do local e com as características da rede pública. Além disso, os códigos e normas técnicas regionais podem variar entre diferentes concessionárias responsáveis pela rede pública de energia. Consulte as autoridades pertinentes antes de prosseguir com o projeto de conexão ou instalar qualquer interface de conexão em paralelo com a rede pública de energia.

Normalmente, grupos geradores conectados em paralelo com a rede pública são equipados com um relé de checagem de sincronismo (“sync check”) (25), sistema de proteção contra baixa/alta tensão (59/27), sistema de proteção contra potência reversa na rede interna (32), sistema de proteção contra sobrecorrente (51), sistema de proteção contra perda da rede interna e sistema de proteção contra queda/elevação da frequência (81 O/U). Um sistema de proteção contra falha no diodo pode ser instalada mas não é exigido por norma. Em muitos locais também podem ser exigidos equipamentos para detectar condição de “ilhamento elétrico” e desconectar os grupos geradores.

A condição de “ilhamento elétrico” ocorre quando há uma falha na rede pública de energia conectada em paralelo um (ou mais) grupo(s) gerador(es) e o sistema de proteção da conexão não detecta a falha e nem desconecta o(s) grupo(s) gerador(es). Como resultado, o sistema de geração de energia (composto por um ou mais grupos geradores) continua energizando as cargas que deveria normalmente energizar, assim como, passa a energizar a rede pública de energia e, até mesmo as cargas de outros clientes. Além de representar um grave risco para os trabalhadores encarregados da manutenção da rede pública, isso também pode causar distúrbios para os equipamentos de proteçãoe pode causar danos aos equipamentos rede pública e aos equipamentos de outros os clientes conectados à rede pública de energia.

As características de um equipamento “anti-ilhamento” variam conforme a tipo da aplicação, a região do mundo e códigos e normas técnicas regionais. Por exemplo, na Europa os equipamentos de proteção “anti-ilhamento” incluem um sistema de detecção da taxa de mudança da frequência (ROCOF) e um sistema de detecção de deslocamento do vetor de onda. Este equipamento pode ser exigido nos casos em que o(s) grupo(s) gerador(es) trabalha em conectado em paralelo com a rede pública por mais de 5 minutos ao mês. Nos EUA, as especificações variam consideravelmente de um estado para o outro.

Equipamentos ROCOF e detectores de Deslocamento do Vetor analisam a rotação do vetor de tensão e detectam as variações tanto na frequência (Hz/seg) quanto no ângulo do vetor (graus/seg). Também podem ser utilizados outros sistemas de proteção, tais como, proteção contra potência reversa (kVAr) e detecção de corrente direcional.

Consulte o manual T-016 para mais informações sobre os requisitos para as interconexões. Outras informações úteis também podem ser encontradas na norma IEEE1547, “Normas para Interconexão de Recursos Distribuídos com Sistemas de Energia Elétrica”.

A norma ANSI utiliza os seguintes códigos para as funções de proteção descritas acima:

25 - Checagem de sincronismo (“Sync Check”)
27 - Tensão baixa (queda de tensão)
32 - Potência reversa
40 - Falha de campo (potência reversa - kVAr)
51 - Sobrecorrente (“AC Time Overcurrent”)
59 - Tensão alta (elevação de tensão)
78 - Deslocamento do vetor de onda
81O/U - Queda/elevação da frequência / ROCOF

O sistema de proteção deve também garantir que seja mantida a qualidade do fornecimento energia da rede pública para os demais clientes, independente do status da rede pública. Dispositivos de proteção para a rede pública podem exigir funções similares, ou iguais, àquelas do sistema que protege o gerador, todavia, na maioria dos casos terão ajustes muito diferentes. Consulte a empresa concessionária responsável pela rede pública de energia sobre os requisitos para o equipamento de proteção, para os ajustes e sobre os requisitos para a conexão em paralelo de um grupo gerador com a rede pública.

NOTA: Em geral, não se exige que os gupos geradores conectados em paralelo com a rede pública de energia por curtos períodos de tempo sejam equipados com sistemas de proteção contra a perda de energia pela rede pública. Entretanto, o risco de danos que podem ser causados caso ocorra uma falha temporária no fornecimento de energia pela rede pública deve ser avaliado e uma decisão apropriada deve ser tomada.

Distribuição de energia

O equipamento responsável pela “Distribuição de Energia” recebe a energia proveniente da rede pública, do sistema local de geração de energia (grupo gerador) ou uma combinação de ambos, e, subdivide e redistribui esta energia em quantidades menores para o consumo.

Usuários residenciais, comerciais e pequenas indústrias, em geral, recebem a sua energia pela rede pública e o seu consumo é controlado pela empresa concessionária. Para os grandes consumidores a energia é mensurada e entregue em lotes (ou em grandes quantidades), em média ou alta tensão; posteriormente esta energia passa por transformadores redutores de tensão, dividida entre as cargas e consumida.

Normalmente, os sistemas de distribuição de energia podem ser sub-divididos em quatro níveis ou menos:

- Fornecimento em massa da energia em alta tensão;
- Redução da tensão e distribuição em massa da energia em média tensão;
- Redução da tensão e distribuição em massa da energia em baixa tensão;
- Distribuição final e utilização da energia baixa tensão.

O consumidor pode conter todos os quatro níveis de distribuição ou somente um, dependendo da circunstância.

Selecionando um sistema de distribuição

O sistema de distribuição de energia é selecionado de acordo com um conjunto de critérios que incluem:

- Especificações para disponibilidade de energia;
- Tamanho do local (área do local onde haverá a distribuição e potência total consumida);
- Layout da distribuição de cargas (equipamentos e densidade da potência distribuida);
- Especificações para flexibilidade da instalação de distribuição de energia.

Em diversas instalações de pequeno porte, a distribuição e geração local de energia são feitas com o mesmo valor de tensão que será consumida, sem a necessidade de transformadores. Para instalações de maior porte, as elevadas densidades de potência podem exigir que a distribuição local seja feita em média tensão, com sub-redes menores e de baixa tensão próximas aos pontos de consumo.

A **Figura 5-9** apresenta diversas possibilidades de como incluir um sistema de geração local de energia em uma grande instalação de energia elétrica, tais como instalações industriais de grande porte. Para facilitar a interpretação, o diagrama elétrico foi simplificado para omitir algumas características como os circuitos principais de média tensão, que são comuns neste tipo de instalação.

Na América do Norte, em geral, se exige que as operações de comutação entre fontes de energia sejam efetuadas por meio de chaves de transferência especificadas por norma e não por pares de disjuntores, como ilustrado neste desenho.

Neste exemplo, a energia que alimenta uma instalação de grande porte é fornecida em média ou alta tensão, em geral, entre 10 e 40 kV. Esta tensão é diminuída em uma subestação (para redução de tensão) geralmente localizada nas proximidades da instalação consumidora, e, o consumo é medido pela concessionária responsável pela rede pública. Normalmente, a energia é fornecida ao cliente em média tensão, nos valores 10-14 kV ou 20-24 kV, dependendo da região. Esta é, portanto, a fonte primária de energia e a distribuição para os diversos locais de consumo também é feita em média tensão para se reduzir as perdas e os diâmetros dos cabos. Um sistema para geração local de energia em grande quantidade pode ser instalado neste local (também gerando energia em média tensão) para fornecer energia “standby” para todo o local, e, ainda com a possibilidade de “co-geração” e “reaproveitamento de calor”. Este processo pode envolver diversos geradores de grande porte, com uma capacidade total de 10 MW, ou mais.

Esta grande instalação consumidora pode ser sub-dividida em áreas menores e o fornecimento de energia para estas áreas é feito em média tensão. A tensão é reduzida, em subestações individuais, para baixa tensão para que seja utilizada nestes locais, que podem abrigar cargas essenciais (de baixa tensão) e/ou cargas não-essenciais (de baixa tensão) agrupadas, por conveniência, em um local comum. A geração de energia “standby”, em baixa tensão, pode ser realizada nestas áreas, e, na maioria das vezes, produzirá a energia necessária apenas durante os períodos não houver fornecimento pela rede (ou seja, pela sub-rede local que supre esta área).

A **Figura 5-9** apresenta uma configuração para o suprimento de cargas críticas utilizando um gerador de menor porte para dar apoio ao sistema gerador principal que produz energia em grandes quantidades.

Para mais informações sobre aterramento e conexões neutras consulte o ítem “Aterramento do sistema e dos equipamentos”, neste capítulo.

Para mais informações sobre chaves seletoras, seus diversos tipos e os acessórios que acompanham os disjuntores; consulte o ítem “Coordenação seletiva”, neste capítulo.

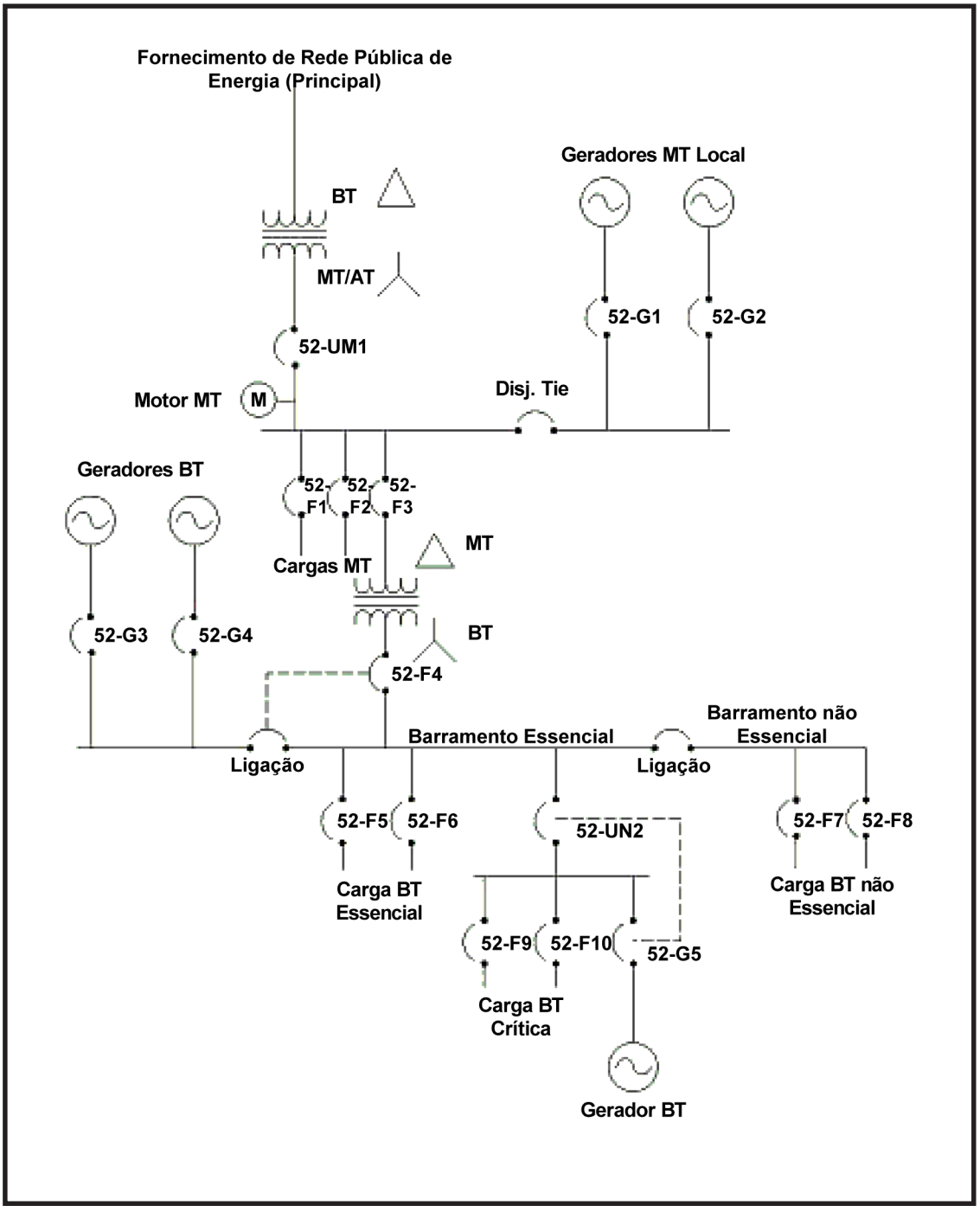


Figura 5-9. Exemplo de um sistema de distribuição de energia em alta/média/baixa tensão.

Conexões Elétricas

Descritivo

Isolamento de vibrações: Todos os grupos geradores vibram durante o seu funcionamento, este é um fato simples que deve ser levado em consideração. Os projetados de grupos geradores incluem isoladores de vibração integrados à sua estrutura, ou, todo o seu chassis é montado sobre isoladores com molas para permitir os movimentos do grupo gerador, mas, isolando as vibrações do equipamento das edificações ou demais estruturas. Também podem ocorrer movimentos mais intensos durante uma mudança súbita de carga, durante uma falha, durante a partida ou na parada do equipamento. Assim, todas as conexões mecânicas e elétricas do grupo gerador devem ser capazes de absorver as vibrações e os movimentos de partida e de parada.

A saída de energia, a função de controle, os alertas e os circuitos auxiliares exigem a instalação de cabos de malha e conduítes flexíveis entre o grupo gerador e a edifcação, estrutura de montagem, ou fundação.

Cabos rígidos de grande diâmetro não são flexíveis o bastante para instalações em curvas, apesar de serem considerados flexíveis. Isto também vale para alguns tipos de conduítes, como os conduítes impermeáveis, que são praticamente rígidos. Além disso, é preciso levar em consideração que os cabos e conduítes não podem ser expandidos ou contraídos ao longo de seu comprimento e, portanto, a flexibilidade ao longo de seu eixo longitudinal deve ser obtida por meio de um comprimento adequado, compensações ou curvas.

Além disso, os pontos de conexão elétrica no grupo gerador (buchas, barramentos, blocos de terminais, etc.) não são projetados para absorver movimentos ou as tensões causadas por estes movimentos. Isso é fato, especialmente para os cabos rígidos de grandes diâmetros e para os conduítes "flexíveis", que na prática são rígidos. A falta de uma flexibilidade adequada pode resultar em danos aos gabinetes, cabos, isolamentos e pontos de conexão.

Nota: A simples utilização conduítes ou cabos flexíveis pode não resultar em capacidade suficiente para absorver os movimentos de vibração de um grupo gerador. Os cabos e conduítes flexíveis variam quanto a flexibilidade, e, não se expandem nem se contraem. Este problema pode ser evitado incluindo-se "pelo menos" uma curva entre a saída do gabinete do gerador e a estrutura (piso de cimento, corredor, parede, etc.) para permitir movimentos tridimensionais.

Áreas sujeitas à abalos sísmicos: Em áreas de risco de abalos sísmicos, são necessárias técnicas especiais para instalações elétricas, incluindo a montagem "sísmica" do equipamento. Os desenhos e diagramas do projeto de instalação devem indicar a massa, o centro de gravidade e as dimensões de montagem do equipamento.

Fiação de controle: A fiação de controle de CC e CA, para o equipamento de comando remoto e para os alarmes remotos, deve ser feita utilizando um conduíte separado dos cabos de energia com o objetivo de minimizar a interferência dos circuitos de energia sobre o circuito de controle. Devem ser utilizados condutores de malha trançada e seções de conduítes flexíveis para as conexões com o grupo gerador.

Circuitos de ramificação para os acessórios: Todos os equipamentos acessórios necessários para a utilização do grupo gerador devem ser alimentados por circuitos dedicados. A energia para estes circuitos pode ser obtida pelos terminais de energia de uma CTA (Chave de Transferência Automática) ou pelos terminais de energia do gerador. São exemplos de equipamentos acessórios: a bomba de transferência de combustível, as bombas de líquido de arrefecimento para os radiadores remotos e os defletores motorizados do sistema de ventilação.
Os circuitos de alimentação dedicados para o carregador de baterias e para os aquecedores do líquido de arrefecimento (caso sejam utilizados), devem ser alimentados pelo painel de distribuição de energia da rede pública. Veja a **Figura 5-10**.

Conexões de CA no gerador

O número de condutores e suas respectivas bitolas (i.e: a corrente total), para cada uma das fases, devem corresponder às capacidades nominais dos terminais das chaves de transferência (disjuntores e chaves de transferência).

O dispositivo principal de desconexão com a rede (disjuntor/comutador) deve ser monitorado e ajustado para ativar um alarme sempre que estiver em "aberto". Os equipamentos de alguns fabricantes podem gerar sinal de alarme "fora do automático" (*not in auto*) quando o disjuntor estiver "aberto".

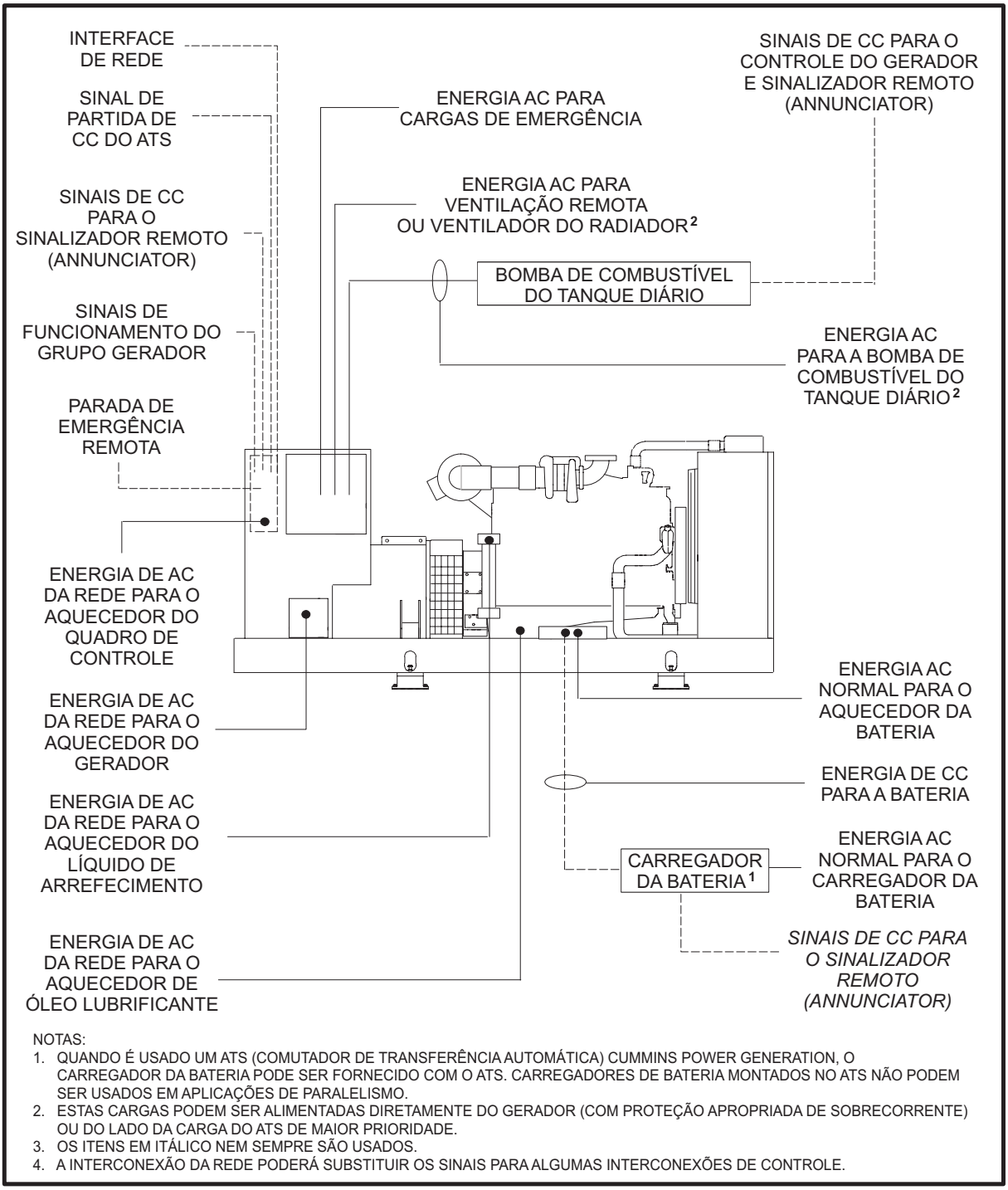
As opções de conexão no gerador podem incluir:

Disjuntores em "caixa moldada", montados no gerador (termomagnéticos ou com circuitos integrados): As conexões CA podem ser feitas no disjuntor montado no grupo gerador. A capacidade de interrupção deste disjuntor deve estar em conformidade com a corrente de curto-circuito especificada para o equipamento. Para um grupo gerador "unitário", o valor da corrente máxima disponível de curto-circuito no primeiro ciclo simétrico é cerca de 8 a 12 vezes o valor da corrente nominal. Para um determinado gerador, esta corrente é igual ao inverso da reatância subtransiente do gerador, ou $1/X"_d$. Para efetuar os cálculos, use o valor da tolerância mínima da reatância subtransiente fornecida pelo fabricante do gerador.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

Interruptor(em caixa moldada) para desconexão montado no gerador: As conexões AC podem ser feitas em um interruptor de desconexão montado no gerador. Isto é permitido nos casos em que o gerador possui meios intrínsecos de proteção contra sobrecorrente, como o PowerCommand™. Não é função do interruptor interromper correntes de falha e este equipamento possui uma capacidade de interrupção suficiente apenas para as correntes de carga.

Terminais do gerador: As conexões podem ser feitas nos próprios terminais do gerador nos casos em que não são exigidos disjuntores montados no gerador, ou interruptores de desconexão, e, quando o gerador possuir meios intrínsecos de proteção contra sobrecarga do gerador.


INTERFACE DE REDE
SINAL DE PARTIDA DE CC DO ATS
SINAIS DE CC PARA O SINALIZADOR REMOTO (ANNUNCIATOR)
SINAIS DE FUNCIONAMENTO DO GRUPO GERADOR
PARADA DE EMERGÊNCIA REMOTA
ENERGIA DE AC DA REDE PARA O AQUECEDOR DO QUADRO DE CONTROLE
ENERGIA DE AC DA REDE PARA O AQUECEDOR DO GERADOR
ENERGIA DE AC DA REDE PARA O AQUECEDOR DO LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO
ENERGIA DE AC DA REDE PARA O AQUECEDOR DE ÓLEO LUBRIFICANTE
ENERGIA AC PARA CARGAS DE EMERGÊNCIA
ENERGIA AC PARA VENTILAÇÃO REMOTA OU VENTILADOR DO RADIADOR 2
BOMBA DE COMBUSTÍVEL DO TANQUE DIÁRIO
SINAIS DE CC PARA O CONTROLE DO GERADOR E SINALIZADOR REMOTO (ANNUNCIATOR)
ENERGIA AC PARA A BOMBA DE COMBUSTÍVEL DO TANQUE DIÁRIO 2
ENERGIA AC NORMAL PARA O AQUECEDOR DA BATERIA
ENERGIA DE CC PARA A BATERIA
CARREGADOR DA BATERIA 1
ENERGIA AC NORMAL PARA O CARREGADOR DA BATERIA
SINAIS DE CC PARA O SINALIZADOR REMOTO (ANNUNCIATOR)

NOTAS:
1. QUANDO É USADO UM ATS (COMUTADOR DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA) CUMMINS POWER GENERATION, O CARREGADOR DA BATERIA PODE SER FORNECIDO COM O ATS. CARREGADORES DE BATERIA MONTADOS NO ATS NÃO PODEM SER USADOS EM APLICAÇÕES DE PARALELISMO.
2. ESTAS CARGAS PODEM SER ALIMENTADAS DIRETAMENTE DO GERADOR (COM PROTEÇÃO APROPRIADA DE SOBRECORRENTE) OU DO LADO DA CARGA DO ATS DE MAIOR PRIORIDADE.
3. OS ITENS EM ITÁLICO NEM SEMPRE SÃO USADOS.
4. A INTERCONEXÃO DA REDE PODERÁ SUBSTITUIR OS SINAIS PARA ALGUMAS INTERCONEXÕES DE CONTROLE.

Figura 5-10. Fiação típica de controle e de acessórios de um grupo gerador.

Condutores de corrente alternada (AC)

A saída AC do grupo gerador é conectada aos condutores que distribuem energia pela instalação, dimensionados em conformidade com o consumo de corrente pelas cargas, com o tipo de aplicação e com as normas técnicas. Os condutores instalados desde os terminais do gerador até o primeiro dispositivo de proteção contra sobrecorrente são considerados "condutores de derivação" e podem ser utilizados em curtas distâncias dispensando a proteção contra curto-circuitos. Os disjuntores de um gerador podem ser instalados nas extremidades dos condutores de alimentação do gerador, próximos às cargas (por exemplo, disjuntores de "paralelismo" no quadro de comutação de "paralelismo", ou ainda, um disjuntor principal instalado no painel de distribuição), e ainda proteger os condutores contra sobrecargas.

Caso o grupo gerador não venha equipado de fábrica com um disjuntor "para a linha principal de energia", a "capacidade de corrente" dos condutores das fases AC instalados desde os terminais de saída do gerador até o primeiro dispositivo proteção contra de sobrecorrente deverá suportar uma corrente de, pelo menos, 115% da corrente nominal total da carga. Esta capacidade não deve cair abaixo dos 115% em consequência de variações causadas pela temperatura ou altitude. A "capacidade de corrente" dos condutores pode ser 100% da corrente nominal total da carga caso o grupo gerador esteja equipado com o PowerCommand™.

O fabricante do grupo gerador é o responsável pela especificação das classes de "capacidade de corrente" (ampère-linha) para cada modelo específico de grupo gerador e para cada tensão específica. Caso este valor seja desconhecido, o seu cálculo pode ser feito por meio de uma das seguintes fórmulas:

$$I_{LINHA} = \frac{kW \cdot 1000}{V_{F\text{-}F} \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}73} \text{ ou } I_{LINHA} = \frac{kVA \cdot 1000}{V_{F\text{-}F} \cdot 1{,}73}$$

Onde:

I_{LINHA} = Corrente da linha (ampères).

kW = Classificação em quilowats do grupo gerador.

kVA = Classificação em kVA do grupo gerador.

$V_{L\text{-}L}$ = Tnesão nominal fase/fase.

Consulte os diagramas (a) e (b) na **Figura 5-11**. O comprimento dos condutores de derivação desde o gerador até o primeiro dispositivo de sobrecorrente deve ser mantido tão curto quanto possível (geralmente de 25 a 50 pés - 8 a 15m).

NOTA: Se o gerador for vendido já equipado com os cabos, a bitola destes cabos pode, eventualmente, ser menor que a necessária para a instalação. Os geradores tem cabos do tipo CCXL ou similares, com capacidade nominal de isolamento temperaturas elevadas (125°C ou mais).

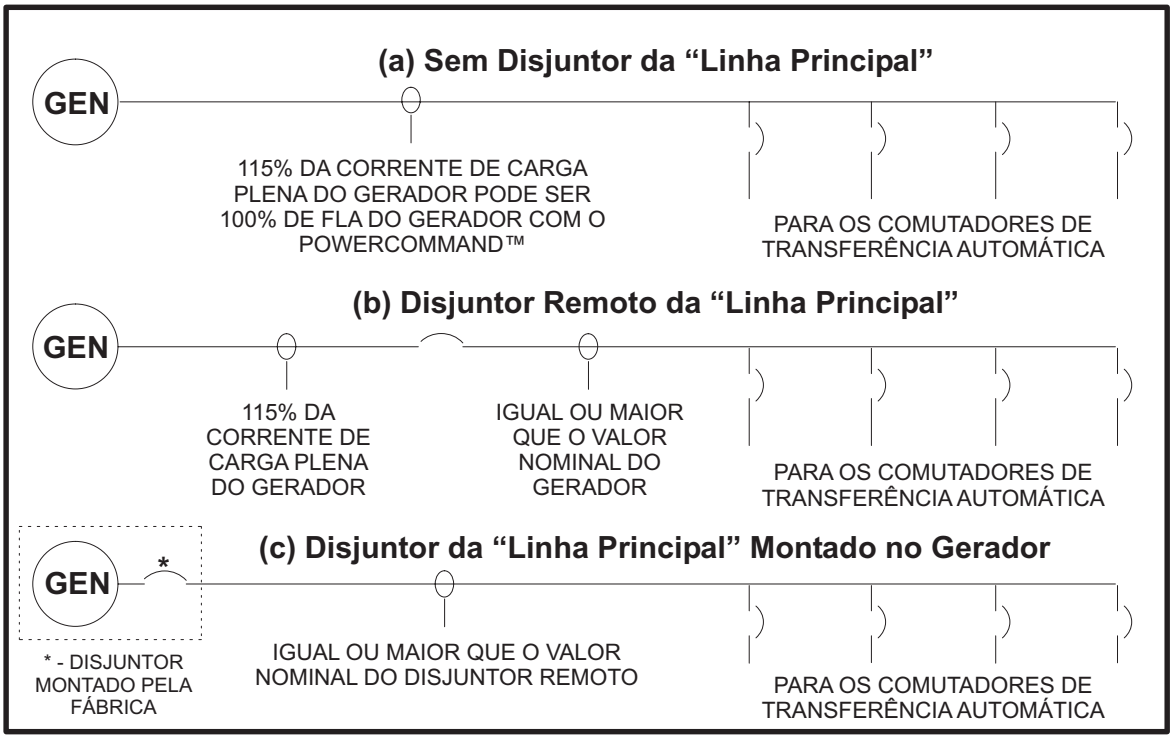

(a) Sem Disjuntor da "Linha Principal"
GEN
115% DA CORRENTE DE CARGA PLENA DO GERADOR PODE SER 100% DE FLA DO GERADOR COM O POWERCOMMAND™
PARA OS COMUTADORES DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA
(b) Disjuntor Remoto da "Linha Principal"
GEN
115% DA CORRENTE DE CARGA PLENA DO GERADOR
IGUAL OU MAIOR QUE O VALOR NOMINAL DO GERADOR
PARA OS COMUTADORES DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA
(c) Disjuntor da "Linha Principal" Montado no Gerador
GEN
*
* - DISJUNTOR MONTADO PELA FÁBRICA
IGUAL OU MAIOR QUE O VALOR NOMINAL DO DISJUNTOR REMOTO
PARA OS COMUTADORES DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA

Figura 5-11. Capacidade de corrente do alimentador.

Caso o grupo gerador venha equipado de fábrica com um disjuntor para a "linha principal" de energia, a "capacidade de corrente" dos condutores das fases AC conectados aos terminais do disjuntor deverá ser maior ou igual que a capacidade nominal do disjuntor. Veja o diagrama (c) na **Figura 5-11**.

Em geral, o valor mínimo para a "capacidade de corrente" do condutor do neutro pode ser igual ou maior que o valor máximo calculado para o desbalanceamento de carga monofásica. Em instalações nas quais uma parte significativa das cargas são não-lineares, o neutro deve ser dimensionado de acordo com a corrente estimada do neutro, entretanto, nunca menos do que 100% do valor nominal. O condutor do neutro dos geradores produzidos pela Cummins Power Generation tem "capacidade de corrente" igual a dos condutores das fases.

Nota: Os cabos de média tensão (acima de 600 V_{CA}) devem ser instalados e receberem as terminações exatamente como recomendado pelo fabricante, por pessoas capacitadas e sob supervisão.

Cálculos para a queda de tensão: A impedância dos condutores devida à resistência e reatância causa uma queda de tensão nos circuitos AC. Para se obter o desempenho esperado dos equipamentos (cargas), os condutores devem ser dimensionados de modo que a tensão não caia mais que 3% num circuito de ramificação ou de alimentação, ou mais que 5% desde os terminais de tensão até o equipamento (carga). Embora cálculos exatos sejam complexos, pode ser obtida uma aproximação bastante razoável por meio da seguinte relação:

$$V_{QUEDA} = \frac{(I_{FASE} \cdot Z_{CONDUTOR})}{V_{NOMINAL}}$$

Exemplo de um cálculo: Calcule a porcentagem de queda de tensão em um cabo de cobre de 500 pés, bitola 1/0 AWG, em um conduíte de aço que alimenta uma carga trifásica de 100 kW, 480 volts, (fase/fase) admitindo um Fator de Potência (fp) de 0,91.

$$Z(\text{ohms}) = \frac{L}{(1000 \cdot N)} \left[(R \cdot pf) + X\sqrt{1 - pf^2}\right]$$

Onde:

Z = Impedância do condutor
R = Resistência do condutor
X = Reatância do condutor
L = Comprimento do condutor em pés
N = Número de condutores por fase
fp = Fator de potência

R = 0,12 ohms/1000 pés (NEC Capítulo 9, Tabela 9, Resistência para condutores de cobre 1/0 AWG em conduíte de aço.)

X = 0,055 ohms/1000 pés (NEC Capítulo 9, Tabela 9, Reatância para condutores de cobre 1/0 AWG em conduíte de aço.)

$$Z = \frac{500}{(1000 \cdot 1)} \left[(0.12 \cdot 0.91) + 0.055\sqrt{(1 - 0.91^2)}\right]$$

$$= 0.066 \text{ porcento}$$

$$I_{FASE} = \frac{kW}{kV \cdot 1{,}73} = \frac{100}{0{,}48 \cdot 1{,}73}$$

$$= 120{,}3 \text{ amps}$$

$$V_{QUEDA}(\%) = 100\ \frac{120{,}3 \cdot 0{,}066}{480}$$

$$= 1{,}65 \text{ porcento}$$

Desbalanceamento permitido para cargas monofásicas: Em uma instalação, as cargas monofásicas devem ser distribuídas tão uniformemente quanto possível entre as três fases de um grupo gerador trifásico permitindo utilizar plenamente a capacidade nominal (kVA e kW) do grupo gerador e limitar o desbalanceamento da tensão. O gráfico da **Figura 5-12** pode ser utilizado para determinar a porcentagem máxima permitida de desbalanceamento de uma carga monofásica, como ilustra o exemplo de cálculo.

A potência monofásica pode ser tomada até 67% da classificação trifásica para os grupos geradores da Cummins Power Generation, até 200/175 kW.

Em geral, quanto maior for o grupo gerador, menor será a potencia monofásica que pode ser tomada. A **Figura 5-12** inclui as linhas de porcentagem de potência monofásica dos geradores de tamanhos intermediários, Chassi-4 e Chassi-5 da Cummins Power Generation.

Confirme o tamanho do chassi consultando a Tabela de Dados Técnicos dos Alternadores (Alternator Data Sheet) indicada na Tabela de Especificações Tecnicas (Specification Sheet) do grupo gerador. O desbalanceamento da carga monofásica não deverá ultrapassar 10%.

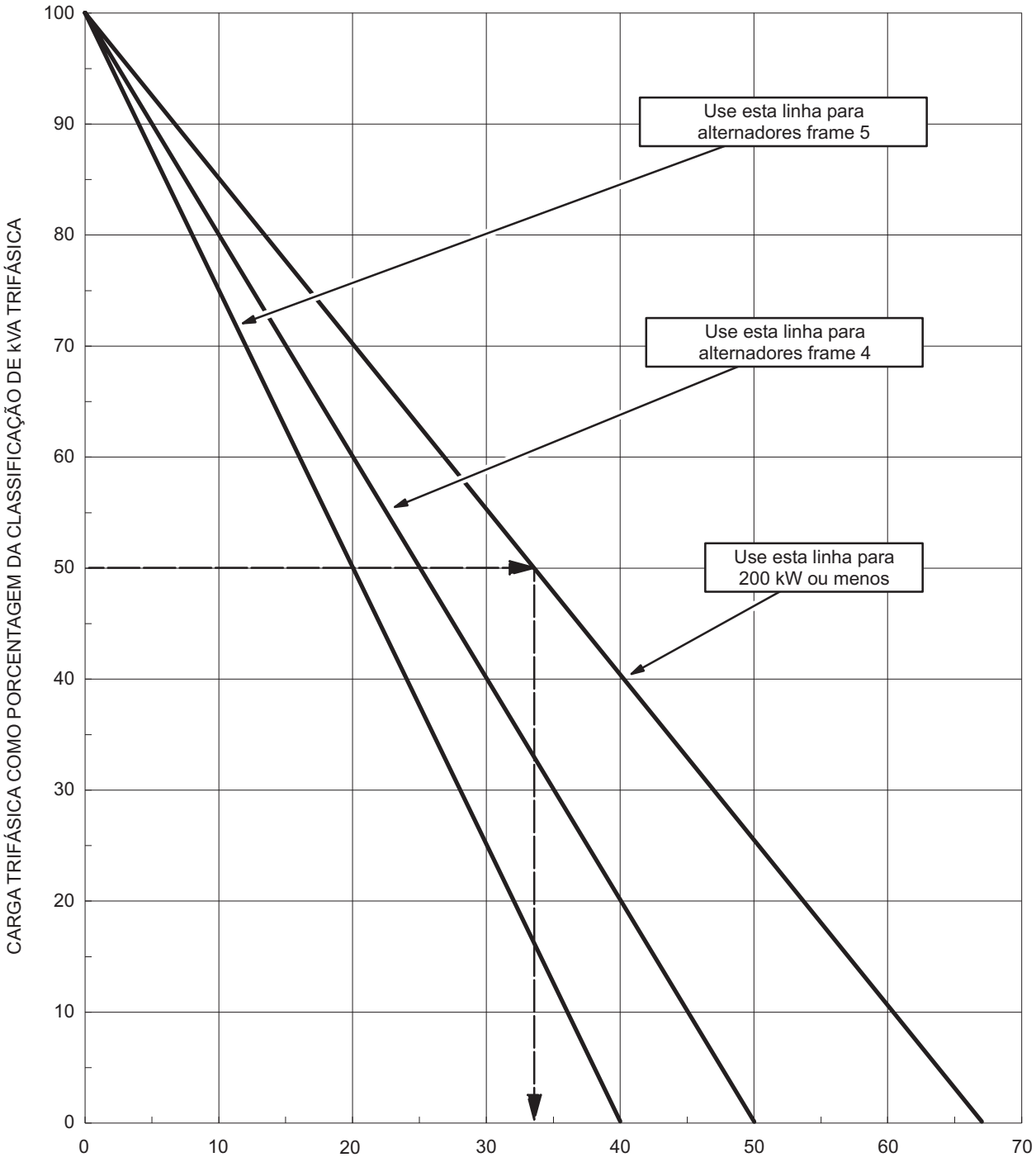


Figura 5-12. Desbalanceamento permitido para carga monofásica.
(Gerador trifásico típico da Cummins Power Generation)

Exemplo de cálculo: Calcule a carga monofásica máxima que pode ser alimentada em conjunto com uma carga trifásica total de 62 kVA por um grupo gerador de 100kW/125 kVA.

1. Calcule a carga trifásica como uma porcentagem da classificação de kVA do gerador:

$$\text{\% de Carga Trifásica} = \left(\frac{62\ \text{kVA}}{125\ \text{kVA}}\right) \cdot 100\% = 50\%$$

2. Calcule a porcentagem da carga monofásica permitida, como mostram as setas na **Figura 5-3**. Neste caso, ela é de aproximadamente 34% da classificação trifásica.
3. Calcule a carga monofásica máxima:

$$\text{Carga Monofásica Máxima} = \frac{125\ \text{kVA} \cdot 34\%}{100\%} = 42{,}5\ \text{kVA}$$

4. Note, a seguir, que a soma da cargas trifásica com a carga monofásica máxima permitida é menor que a classificação de kVA do grupo gerador:

$$62\ \text{kVA} + 42{,}5\ \text{kVA} = 104{,}5\ \text{kVA}$$

e

$$104.5\ \text{kVA} < 125\ \text{kVA} \left(\text{Classificação do Grupo Gerador}\right)$$

NOTA: O desbalanceamento da carga de um grupo gerador causa o desbalanceamento das tensões das fases. Os níveis de desbalanceamento de carga calculados por estas fórmulas não deverão resultar em danos ao grupo gerador. Entretanto, os níveis correspondentes de desbalanceamento de tensão podem não ser aceitáveis para cargas como motores trifásicos.

Devido ao desbalanceamento entre as tensões das fases, as cargas críticas devem ser conectadas na fase que o regulador de tensão usa como referência de tensão (F_1-F_2 como definido no esquema do grupo gerador), quando apenas a tensão de uma das fases é utilizada como referência.

Redução do Fator de Potência pela Carga

Os grupos geradores trifásicos são classificados para operação contínua com FP 0,8 (normal) e podem operar durante curtos períodos com fatores de potência mais baixos como, por exemplo, na partida de motores. As cargas reativas que podem causar a redução do fator de potência podem também fornecer energia de excitação para o alternador e, se esta energia for grande o suficiente, pode fazer com que a tensão do alternador aumente descontroladamente, danificando o alternador, danificando as cargas ou desarmando o equipamento de proteção.

A **Figura 5-4** apresenta uma curva típica da capacidade de potência reativa (kVAR) para um alternador. Uma regra aceitável é adimitir que um grupo gerador possa suportar até 10% de sua capacidade nominal de potência reativa (kVAR), com cargas que reduzam o fator de potência, sem ser danificado ou perder o controle da tensão de saída.

Os equipamentos mais comuns que reduzem o fator de potência são os sistemas UPS levemente carregados, equipados com filtros de entrada, e os dispositivos de correção do fator de potência para motores. A estabilidade do sistema pode ser melhorada conectando-se o grupo gerador com cargas que "aumentem" o fator de potência antes de conectá-lo com cargas que reduzam o fator de potência. Também é aconselhável conectar e desconectar os capacitores para correção do fator de potência em conjunto com a carga.

Em geral, não é um procedimento prático superdimensionar um grupo gerador (e, consequentemente, reduzir a porcentagem de carga não-linear) para tentar corrigir este problema.

Aterramento do sistema e dos equipamentos

O texto a seguir apresenta uma descrição geral dos procedimentos para aterramento do sistema e dos equipamentos utilizados por geradores AC instalados permanentemente em um local. Estas diretrizes são apenas uma referência. É importante que sejam atendidas as normas técnicas locais para instalações elétricas.

Aterramento do sistema (Ligação à terra)

O aterramento de um sistema (ligação à terra) é a conexão intencional ao "terra" do ponto neutro de um gerador configurado como estrela (WYE), do vértice de um gerador configurado como triângulo (DELTA), ou do ponto médio do enrolamento monofásico de um gerador conectado configurado como triângulo. O procedimento mais comum é aterrar o ponto neutro de um gerador conectado em estrela (WYE) e transformar o cabo do neutro (o condutor aterrado do circuito) em um cabo adicional, num sistema trifásico de 4 fios.

Um sistema configurado como triângulo, com um dos vértices aterrado, é um circuito que possui um condutor aterrado, mas, este condutor não é um "neutro". Este circuito também pode ter um cabo conectado ao pólo intermediário do equipamento trifásico (formando um sistema trifásico de 4 fios).

Nota do tradutor: *Na literatura técnica, os sistemas trifásicos, configurados como triângulo (DELTA), aterrados, e, com um cabo denominado "wild leg" ou "high leg", diferem do sistema descrito no texto acima.*

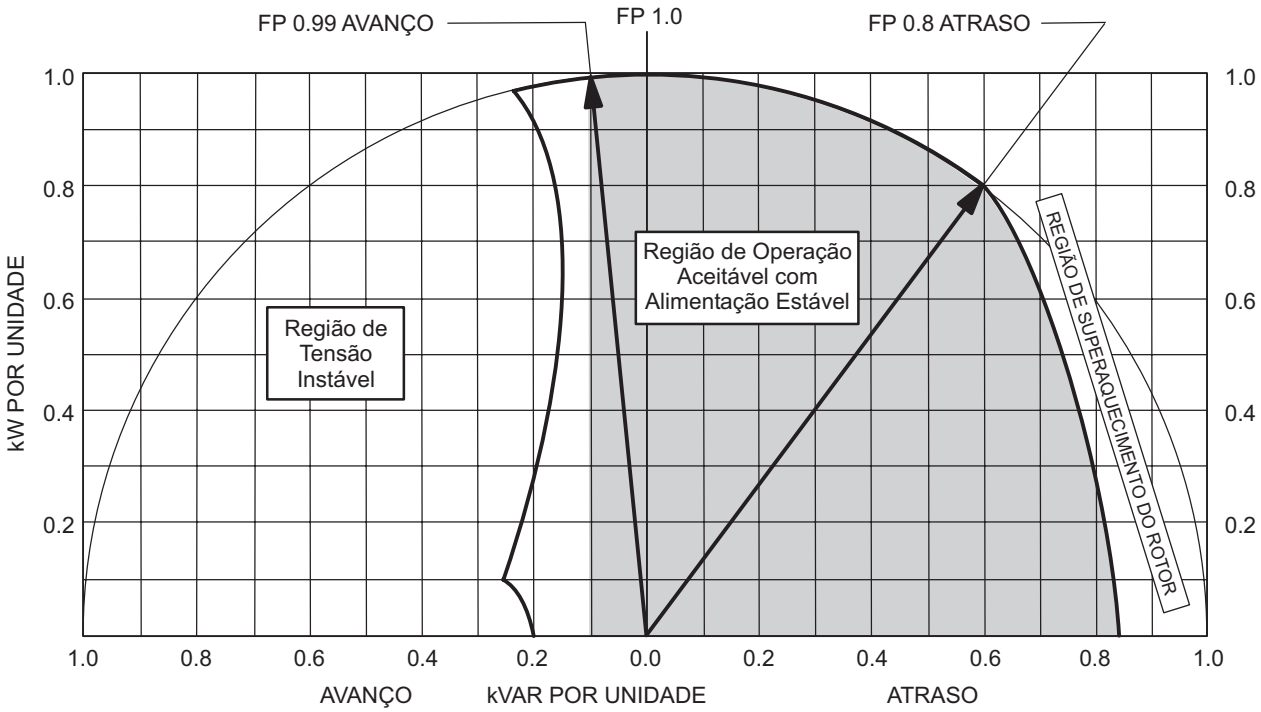


Figura 5-13. Curva típica para a capacidade de potência reativa de um alternador em equilíbrio.

Aterramento sólido

Um "sistema solidamente aterrado" corresponde à um sistema conectado diretamente, por meio de um condutor (condutor do eletrodo de aterramento), sem o acréscimo de uma impedância intencional, com o "terra" (ou, eletrodo de aterramento). Este método, exigido pelas normas técnicas para instalações elétricas, é normalmente utilizado em todos os sistemas de baixa tensão (600 volts ou menos) cujo circuito possui um condutor aterrado (geralmente um neutro) e alimenta as cargas F-N (fase-neutro).

A maneira correta de se fazer o aterramento de um sistema "standby" aterrado solidamente, é por meio do equipamento de comutação de transferência (com neutro sólido ou neutro comutado). Veja a **Figura 5-14**.

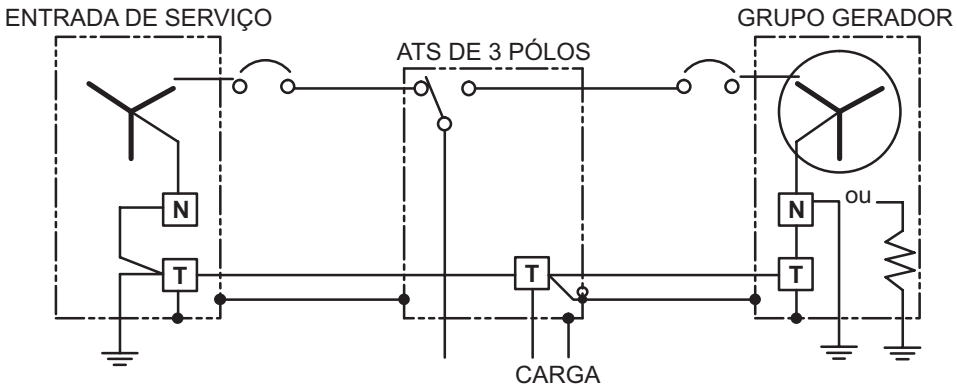
Os geradores da Cummins Power Generation são entregues sem terminal "neutro" conectado ao terra. Caso o gerador seja utilizado como uma fonte de energia derivada em separado (por exemplo, utilizando um comutador de transferência de 4 pólos), o neutro deverá ser conectado ao terra e a um eletrodo de aterramento, por meio de um condutor de aterramento. Isso deve ser feito por eletricista de instalações.

Caso o neutro do gerador seja conectado ao neutro aterrado da rede, em geral, localizado no "bloco" de neutro de um comutador de transferência de 3 pólos, o neutro do gerador não deverá ser aterrado (por meio de eletrodo de terra junto ao gerador). Neste caso, a norma para instalações elétricas pode exigir que seja colocada uma indicação (i.e.: etiqueta) neste local da rede de energia informando que o neutro do gerador está aterrado nesse ponto.

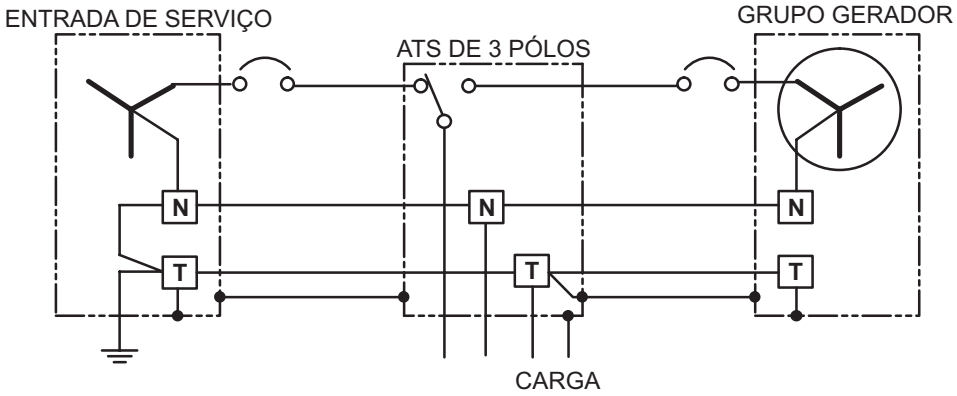
Impedância (resistência) de aterramento

Uma impedância de aterramento corresponde à um resistor (resistência) instalado permanentemente no entre o neutro do gerador e o eletrodo de aterramento. Ocasionalmente, este método é utilizado em sistemas trifásicos de três fios (sem um condutor aterrado no circuito), operando em 600 volts ou menos, em locais onde se deseja manter a continuidade no fornecimento de energia após uma primeira e única falha acidental de terra. O sistema de distribuição de energia pode utilizar transformadores do tipo estrela-triângulo para suprir um neutro para os equipamentos (cargas) com alimentação do tipo fase-neutro.

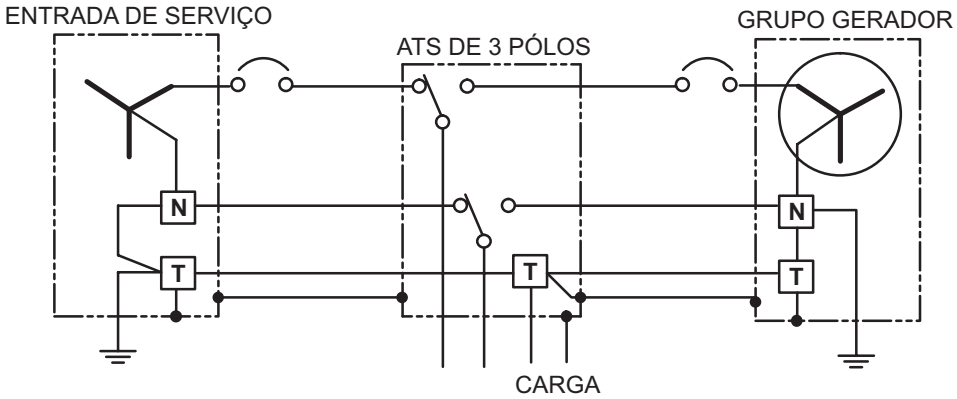
Em geral, um sistema de baixa tensão, com alta impedância de aterramento, utiliza um resistor de aterramento dimensionado para limitar a corrente de falha de terra (nos terminais de tensão fase-neutro) com valores nominais de 25, 10, ou 5 ampères (classificação de tempo contínuo). Em geral, também são utilizados sistemas de detecção de falha de terra e de alarme.



TRIFÁSICO, REDE COM 3 FIOS, ATS COM 3 PÓLOS.
O Neutro do Gerador pode ser aterrado solidamente, aterrado através de resistência ou não aterrado com um sistema a três fios.



TRIFÁSICO, REDE COM QUATRO FIOS, ATS DE TRÊS PÓLOS.
O Neutro do Gerador é aterrado na entrada de serviço somente com um ATS de três pólos.



TRIFÁSICO, REDE COM 4 FIOS, ATS DE 4 PÓLOS.
O Neutro do Gerador deve ser aterrado solidamente quando uma fonte derivada separadamente com um ATS de quatro pólos.

Figura 5-14. Diagramas unifiliares típicos para os métodos alternativos de aterramento de sistemas.

Uma resistência de aterramento deve ser selecionada conforme os seguintes critérios:

1. Classificação de Tensão: O valor da tensão fase-a-fase (tensão entre as fases do sistema) dividido pela raiz quadrada de três (~1,73).
2. Classificação de Corrente: Baixa o suficiente para limitar os danos, porém alta o suficiente para uma operação confiável dos relés de proteção.
3. Classificação de Tempo: Geralmente 10 segundos para os sistemas com relés de proteção e mais tempo para os sistemas sem relés de proteção.

NOTA: O aterramento com baixa resistência é recomendado para sistemas geradores operando entre 601 e 15.000 volts, com o objetivo de limitar a magnitude da corrente de falha de terra (em geral, entre 200 e 400 ampères), e, permitir que haja tempo para a coordenação seletiva dos relés de proteção. Veja a ***Figura 5-15*** *e "Aterramento de Média Tensão".*

Não aterramento

Neste caso, nenhuma conexão intencional é feita entre o equipamento do gerador de energia CA e o terra. Este método é utilizado ocasionalmente em sistemas trifásicos de três fios (circuito sem condutor aterrado) operando a 600 volts ou menos, em locais onde é exigido, ou desejável, manter a continuidade do fornecimento de energia mesmo que haja uma falha de terra, e, onde hajam eletricistas qualificados de serviço. Um exemplo disso é o fornecimento de energia para um processo crítico. O sistema de distribuição de energia pode utilizar transformadores estrela-triângulo para oferecer um neutro aos equipamentos com alimentação do tipo fase-neutro.

Aterramento de equipamentos (ligação ao terra)

O aterramento de um conjunto de equipamentos (ligação ao "terra") corresponde à conexão com o terra de todo este conjunto de equipamentos, de seus os conduítes metálicos que não transportam corrente (durante a operação normal), dos gabinetes destes equipamentos, da estrutura (chassis) do gerador, etc. O aterramento de um conjunto de equipamentos proporciona um caminho permanente, contínuo e de baixa impedância elétrica para o retorno da corrente elétrica até a fonte de energia. Um aterramento correto praticamente elimina o "potencial de toque" e facilita o desarme dos dispositivos de proteção durante uma falha de terra. Um "jumper" principal na fonte de energia permite conectar, em um único local, o sistema de aterramento de um conjunto de equipamentos ao condutor aterrado do circuito (neutro) do sistema de CA. Um ponto de conexão para aterramento é disponibilizado na estrutura (chassis) do alternador. Caso seja fornecido um disjuntor montado no grupo gerador, haverá um terminal de aterramento dentro da caixa do disjuntor. Veja a **Figura 5-16**.

Coordenação seletiva

Coordenação seletiva é o processo de eliminação de uma falha de curto-circuito, em quaisquer dos níveis de corrente de falha, pelo dispositivo de proteção contra sobrecorrentes. Esta eliminação é feita exclusivamente pelo dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, no segmento da linha onde a falha ocorreu.
A eliminação[1] de uma falha por dispositivo de proteção contra sobrecorrentes localizado no segmento da linha de energia imediatamente anterior à falha irá provocar a interrupção desnecessária de ramificações sem falha no sistema de distribuição e pode causar o disparo desnecessário do sistema de emergência.

As falhas de energia podem ser divididas em falhas externas (tais como, o corte total ou parcial da energia proveniente da rede pública) e falhas internas no sistema de distribuição de energia dentro de uma edifcação (tais como, falhas de curto-circuito ou sobrecargas que acionam um dispositivo de proteção contra sobrecorrente, e, abrem o circuito). Como os sistemas de "emergência" e "standby" têm como objetivo a manter o fornecimento de energia para algumas "cargas críticas", o sistema de distribuição de energia deve ser projetado de modo a maximizar a continuidade desta distribuição na eventualidade de uma falha no sistema. Por este motivo, o sistema de proteção contra sobrecorrentes deve ser coordenado de forma seletiva.

O sistema de proteção contra sobrecorrentes para os equipamentos e para os condutores que fazem parte do sistema de energia de "emergência" ou "standby", inclusive o gerador local, deverão obedecer às normas técnicas para instalações elétricas aplicáveis ao projeto. Todavia, nas aplicações onde o sistema de emergência alimenta cargas críticas necessárias para garantir a segurança, a integridade física ou a vida dos indivíduos, tais como em hospitais ou em grandes edifícios; a continuidade do fornecimento de energia deve ter mais prioridade do que a proteção do sistema de emergência. Por exemplo, seria mais apropriado que houvesse apenas uma sinalização do alarme de sobrecarga ou do alarme de falha de terra ao invés de abrir um disjuntor para proteção do equipamento que resultasse na perda da energia de emergência para cargas críticas necessárias para salvaguardar vidas.

1) No texto original, em inglês, foi utilizada a expressão idiomática "nuisance clearing", usada principalmente em textos técnicos sobre eletricidade e eletrotécnica. Seu significado poderia ser traduzido como: "A eliminação de um inconveniente que, por conseqüencia, acaba causando outro inconveniente".

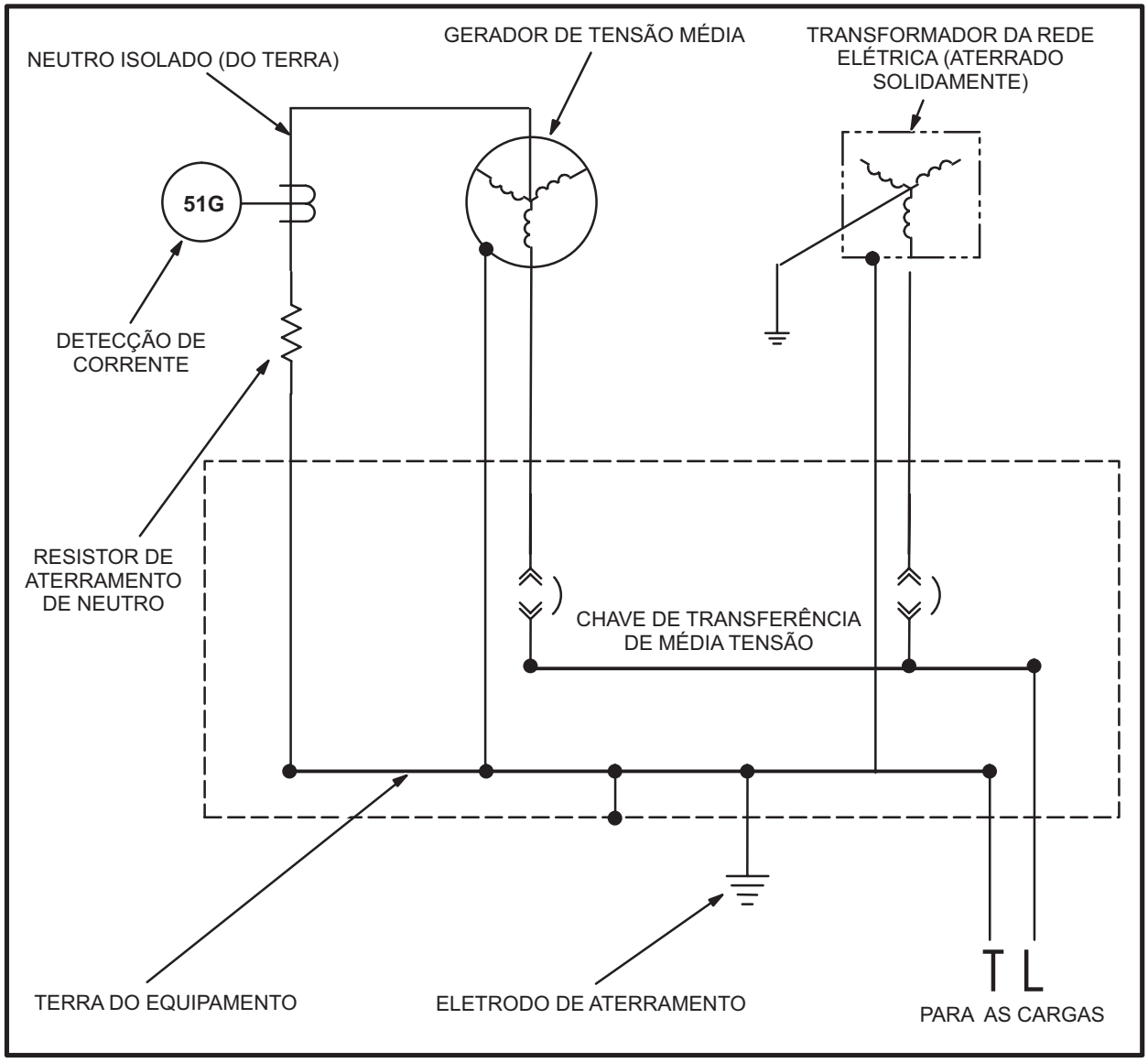


Figura 5-15. Sistema típico de aterramento de baixa resistência para um grupo gerador de média tensão e chave de transferência.

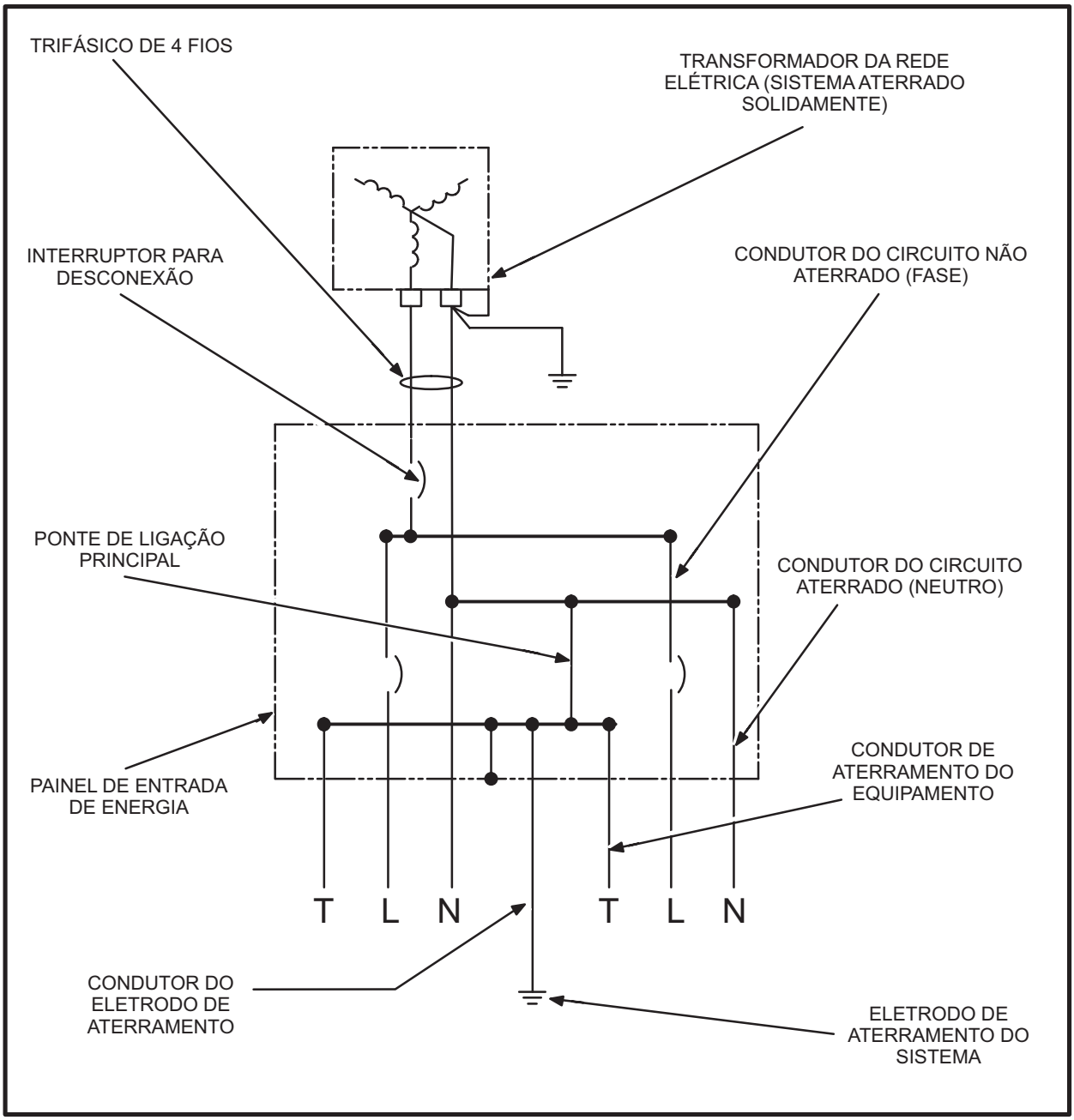

TRIFÁSICO DE 4 FIOS
TRANSFORMADOR DA REDE ELÉTRICA (SISTEMA ATERRADO SOLIDAMENTE)
INTERRUPTOR PARA DESCONEXÃO
CONDUTOR DO CIRCUITO NÃO ATERRADO (FASE)
PONTE DE LIGAÇÃO PRINCIPAL
CONDUTOR DO CIRCUITO ATERRADO (NEUTRO)
PAINEL DE ENTRADA DE ENERGIA
CONDUTOR DE ATERRAMENTO DO EQUIPAMENTO
T L N T L N
CONDUTOR DO ELETRODO DE ATERRAMENTO
ELETRODO DE ATERRAMENTO DO SISTEMA

Figura 5-16. Sistema e conexões de aterramento “típicos” conectados à rede pública de energia elétrica.

Um fator importante que influencia coordenação seletiva é a corrente de curto-circuito durante os poucos primeiros ciclos do curto-circuito em um grupo gerador. Esta corrente não depende do sistema de excitação, ela depende apenas das características magnéticas e elétricas do gerador.
A corrente máxima no primeiro ciclo trifásico de um curto-circuito simétrico (I_{sc}) originada num gerador, ao longo de seus terminais é de:

$$I_{SC} = \frac{E_{CA}}{X''_{d(Gr.Ger.)}} \text{ (ampéres)}$$

Ou, considerando-se uma unidade (o valor normalizado em relação à E_{CA}):

$$I_{SC} \cdot pu = \frac{1}{X''_{d(Gr.Ger.)}}$$

onde, E_{CA} é a tensão do circuito aberto e X''_d é a reatância subtransitória direta por unidade do eixo do gerador. O valor de X''_d para um típico grupo gerador da Cummins Power Generation fornecerá um valor entre 8 e12 vezes da sua corrente nominal durante uma falha trifásica, independente do tipo de sistema de excitação. Consulte as Tabelas de Especificações Tecnicas (Specification Sheets) do grupo gerador e as Tabelas de Dados Técnicos do Alternador (Alternator Data Sheet) para obter os valores de X''_d.
Os valores publicados para as reatâncias dos grupos geradores são "normalizadas" em relação à classificação para um alternador de referência. Todavia, os grupos geradores possuem diversas classificações básicas. Portanto, para converter reatâncias em valores "normalizados" a partir de um alternador básico para o grupo gerador básico, utilize a seguinte fórmula:

$$P.U.Z_{NOVO} = P.U.Z_{DADO} \cdot \left(\frac{kV_{DADO\ BASE}}{kV_{NOVO\ BASE}}\right)^2 \cdot \left(\frac{kVA_{DADO\ BASE}}{kVA_{NOVO\ BASE}}\right)$$

Exemplo de Cálculo: Calcule X''_d (reatância subtransitória do alternador) para o grupo gerador a diesel da Cummins Power Generation, Modelo 230DFAB, classificado para 230 kW/ 288 kVA em 277/480 VCA. O Boletim S-1009a para este modelo faz referência à Folha de Dados do Alternador No. 303. A ADS No. 303 indica que X''_d = 0,13 para o alternador no ponto de classificação de plena carga de 335 kW/419 kVA e 277/480 VCA (125°C de elevação de temperatura). Substituindo-se estes valores na equação anterior:

$$X''_{d(Grupo\ Gerador)} = X''_{d(ADS)} \cdot \left(\frac{kV_{ADS}}{kV_{Grupo\ Gerador}}\right)^2 \cdot \left(\frac{kVA_{Grupo\ Gerador}}{kVA_{ADS}}\right)$$

$$X''_{d(Grupo\ Gerador)} = 0{,}13 \cdot \left(\frac{0{,}48}{0{,}48}\right)^2 \cdot \left(\frac{288}{419}\right) = 0{,}089$$

Recomendações sobre a localização dos equipamentos

Em um sistema projetado para efetuar o procedimento de coordenação seletiva, recomenda-se que as chaves de transferência sejam instaladas no "segmento" do circuito localizado entre a carga e o dispositivo proteção contra sobrecorrentes e, quando for possível, em um painel de comando do circuito, no "segmento" da rede (ou "linha").
Caso a chave de transferência esteja localizada no "segmento" do circuito entre a carga e o dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, as falhas que ocorrerem no lado da carga da chave de transferência não conseguirão fazer com que o dispositivo de proteção atue e desligue a alimentação vinda do gerador.
Esta recomendação é consistente com as recomendações gerais de confiabilidade para a instalação de comutadores de transferência o mais próximo possível de carga, e para dividir as cargas do sistema de emergência nos menores circuitos possíveis utilizando-se várias chaves de transferência.

Uma segunda recomendação é utilizar um gerador com excitação PMG para permitir a sustentação da corrente de curto circuito, permitindo a atuação do dispositivo de proteção da carga. Um gerador com excitação PMG pode oferecer uma vantagem na liberação dos disjuntores de caixa moldada de mesma classificação de corrente, todavia, com características de tempo-corrente diferentes.

Proteção dos grupos geradores contra falhas e sobrecorrentes

Dimensionamento de um disjuntor para o barramento principal do gerador

Em geral, o dimensionamento de um disjuntor para o barramento principal do gerador segue uma destas três abordagens:

a) A abordagem mais comum é dimensionar o disjuntor com a mesma classificação ou com a classificação imediatamente superior à classificação de corrente do gerador com carga plena. Por exemplo, deve ser selecionado um disjuntor de 800 ampères para um gerador com uma classificação de corrente com carga plena de 751 ampères. A principal vantagem desta abordagem é o custo, pois os cabos e o painel de distribuição ou mesmo a chave de transferência podem ser dimensionados na classificação do disjuntor de 800 ampères. Caso o disjuntor seja classificado de forma padrão (80% operação contínua), ele poderá "abrir" automaticamente em níveis de corrente abaixo da classificação do gerador com carga plena. Entretanto, é provável que o grupo gerador não irá operar próximo ou com a potência (kW) de carga plena e nem com o fator de potência nominal durante tempo suficiente para desarmar o disjuntor. Como alternativa, pode ser utilizado um disjuntor de 800 ampères, classificado em 100%, que fornecerá continuamente os 800 ampères.

b) Uma segunda abordagem para o uso de disjuntores padrão (80% operação contínua) é superdimensionar a capacidade do disjuntor em 1,25 vezes a corrente de carga plena do gerador. Por exemplo, para um gerador com classificação de corrente de carga plena de 751 ampères, deveria ser selecionado um disjuntor de 1000 ampères (751 ampères x 1,25 = 939 ampères, cuja a classificação imediatamente superior é igual a 1000 ampères). Um disjuntor selecionado desta forma não deverá desarmar na potência de carga plena (em kW) no fator de potência nominal (kVA nominal). A desvantagem deste método é que tanto os cabos, como o painel de distribuição, ou a chave de transferência deverão ser dimensionados para, no mínimo, 1000 ampères.

c) Uma terceira abordagem é dimensionar o disjuntor em função dos cálculos de dimensionamento para um alimentador (fonte) e seu dispositivo de sobrecorrente, sabendo-se que o principal objetivo do disjuntor é proteger os condutores de energia. A"capacidades de corrente" para o alimentador e a classificação para o dispositivo de sobrecorrente são calculadas somando-se as correntes de carga ao longo do circuito de ramificação multiplicadas pelo fator de demanda (FD) permitido pelas normas técnicas pertinentes para instalações elétricas.

   Sem considerar capacidades futuras, o valor mínimo para a "capacidade de corrente" do alimentador exigido para uma aplicação típica de grupo gerador, utilizando cargas com características de "motores" e de "não-motores", deve ser igual ou exceder:

   - 1,25 x corrente de "carga não-motor" contínua, ou mais;
   - 1,00 x FD (fator de demanda) x corrente de "carga não-motor" e não-contínua, ou mais;
   - 1,25 x a maior corrente de motor com carga plena, ou mais;
   - 1,00 x soma das correntes com carga plena de todos os outros motores.

Devido ao fato do grupo gerador ser dimensionado para cargas de partida ("pico") e cargas de regime nominal, e, além disso, incluir uma "capacidade extra" para expansões futuras, a corrente do grupo gerador com carga plena pode ser maior do que a "capacidade de corrente" calculada para os condutores de alimentação do gerador e para os disjuntores. Se este for o caso, deve-se considerar um aumento na "capacidade de corrente" dos condutores de alimentação e na classificação dos disjuntores, de modo que os disjuntores não desarmem com a corrente de carga plena nominal do gerador (indicada na plaqueta de identificação). Isto também deverá permitir um aumento na capacidade futura para incluir mais circuitos.

NOTA: A "capacidade de corrente" do condutor de alimentação é regulada e determinada por normas técnicas, tais como NFPA e CSA. Uma estimativa baseada na "capacidade de corrente" do gerador e na classificação do disjuntor, pode exigir que outros fatores críticos também sejam levados em conta. Consulte as normas técnicas pertinentes para o dimensionamento correto do condutor de alimentação (NBR's).

NOTA: Um teste extensivo com carga plena pode desarmar um disjuntor dimensionado conforme a classificação de corrente com carga plena do grupo gerador, ou abaixo dela.

Fontes dos grupos geradores

Quando a energia para um sistema de emergência é suprida por um grupo gerador, é necessário incluir disjuntores (geralmente do tipo de caixa moldada) com uma "alta probabilidade de desarme", independente do tipo de falha que possa ocorrer em um circuito.

Quando um grupo gerador está sujeito a uma falha do tipo fase-terra, ou a alguma falha do tipo fase-a-fase, ele fornecerá corrente várias vezes maior que a sua corrente nominal, independente do tipo do seu sistema de excitação. Em geral, este evento desarma o elemento magnético de um disjuntor e elimina a falha. Para um grupo gerador com excitação permanente (PMG), há casos de falhas trifásicas e de certas falhas do tipo fase-fase onde a corrente de saída do gerador aumenta inicialmente até um valor cerca de 10 vezes a sua corrente nominal e, então, cai rapidamente para um valor bem abaixo da sua corrente nominal; tudo isso em alguns ciclos. Para um grupo gerador sustentado (PMG), as correntes iniciais de falha são as mesmas, todavia, a corrente diminui para um valor de corrente de curto-circuito sustentado variando de, aproximadamente, 3 vezes a corrente nominal para uma falha trifásica até, aproximadamente, 7,5 vezes a corrente nominal para uma falha do tipo fase-terra.

A queda na corrente de falha de um gerador auto-excitado exige que os disjuntores dos circuitos sejam capazes de destravar e abrir num intervalo de 0,025 segundos, durante o qual flui a corrente máxima. Um disjuntor do circuito que não seja capaz de desarmar e isolar uma falha pode fazer com que um gerador auto-excitado entre em colapso, interrompendo o fornecimento de energia para os circuitos sem falhas do sistema de emergência. Um gerador com excitação permanente (PMG) não entra em colapso e tem a vantagem de fornecer, aproximadamente, três vezes o valor da corrente nominal durante vários segundos que deverão ser o suficiente para o rearme dos disjuntores dos circuitos das cargas.

Utilizando as classificações de corrente de carga plena do grupo gerador e do disjuntor, o método apresentado a seguir permite determinar se um disjuntor irá desarmar em uma falha trifásica ou em uma falha simétrica do tipo fase-a-fase. Este método determina apenas se o desarme é possível sob condições de curto-circuito para o valor disponível da corrente de falha, todavia, não garante que o desarme ocorrerá para todos os valores de corrente de falha (falhas em arco, por exemplo, onde a impedância da falha é alta).

Devido à maioria das tabelas de disjuntores indicar o valor da corrente como uma porcentagem da classificação do disjuntor, o valor disponível para a corrente de falha deve ser convertido em uma porcentagem do valor de classificação do disjuntor.

Use a fórmula abaixo para determinar o valor da corrente de falha disponível como uma porcentagem da classificação do disjuntor para um gerador AC capaz de fornecer inicialmente 10 vezes a corrente nominal ($X''_d = 0{,}10$), ignorando a impedância do circuito entre o gerador e o disjuntor:

$$\text{Corrente de Falha como \% da Classificação do Disjuntor} = \left(\frac{10 \cdot \text{Corrente Nominal do Gerador}}{\text{Corrente Nominal do Disjuntor}} \right) \cdot 100\%$$

Considere o efeito de uma falha (curto-circuito) em um disjuntor de 100 ampères quando a energia é suprida por um grupo gerador com uma corrente nominal de 347 ampères. Neste exemplo, independentemente do sistema de excitação, a corrente de falha disponível para os primeiros 0,025 segundos é:

$$\text{Corrente de Falha como \% da Classificação do Disjuntor} = \left(\frac{10 \cdot 347}{100} \right) \cdot 100\% = 3470\%$$

Caso o gerador AC consiga sustentar três vezes a sua corrente nominal, utilize a seguinte fórmula para calcular a corrente aproximada como porcentagem da classificação do disjuntor:

$$\text{Corrente Sustentada como \% da Classificação do Disjuntor} = \left(\frac{3 \cdot 347}{100} \right) \cdot 100\% = 1040\%$$

As **Figuras 5-17** e **5-18** apresentam os resultados para dois disjuntores termomagnéticos de caixa moldada e corrente de 100 ampères, tendo diferentes características de desarme, "A" e "B". Com a característica de desarme "A" (Figura 5-17), a corrente de falha inicial de 3470% fará o disjuntor desarmar em até 0,025 segundos. Com a característica de desarme "B" (Figura 5-18), o disjuntor poderá não desarmar com os 3470% da corrente inicialmente disponível, porém, desarmará em aproximadamente 3 segundos caso a corrente de falha seja sustentada em 1040% da classificação do disjuntor (três vezes o valor para a classificação do gerador). A conclusão é que um gerador com excitação permanente (PMG) oferece a vantagem de fornecer corrente de falha suficiente para desarmar os disjuntores dos circuitos das cargas.

O tipo de aplicação do gerador, o seu sistema de excitação e a sua tensão de operação determinam o intervalo de tempo para a proteção contra sobrecarga e quais devem ser os dispositivos de proteção utilizados.

NOTA: A discussão a seguir aplica-se à instalações compostas por de um único equipamento, com potência de 2000 kW ou menos. Consulte a publicação T-016, "Paralelismo e Chaves Seletoras de Paralelismo", da Cummins Power Generation, para mais informações sobre os requisitos para a proteção de instalações com geradores míltiplos conectados em paralelo.

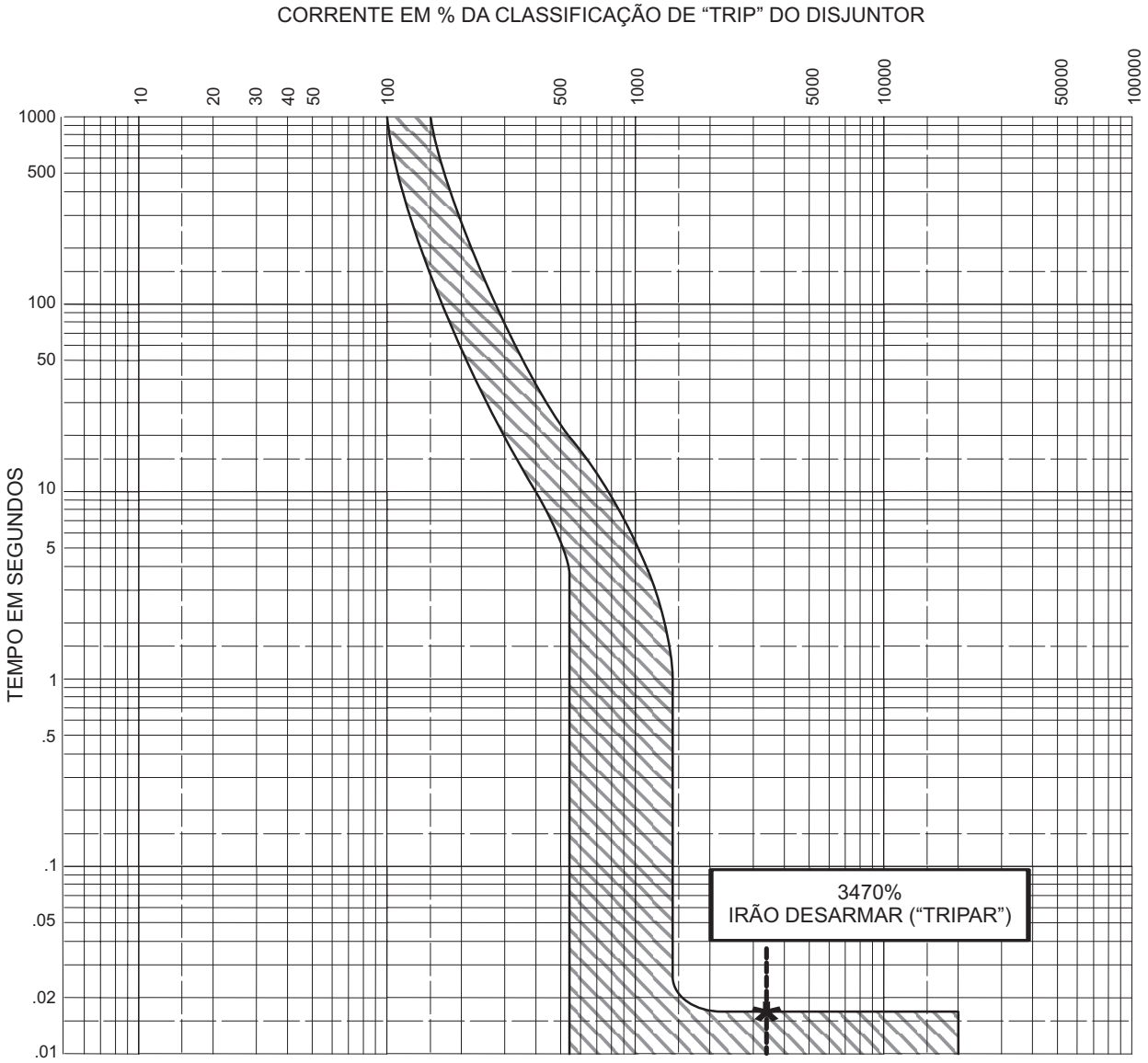


Figura 5-17. Efeito de falha em um disjuntor de 100 Ampères com característica "A" de desarme.

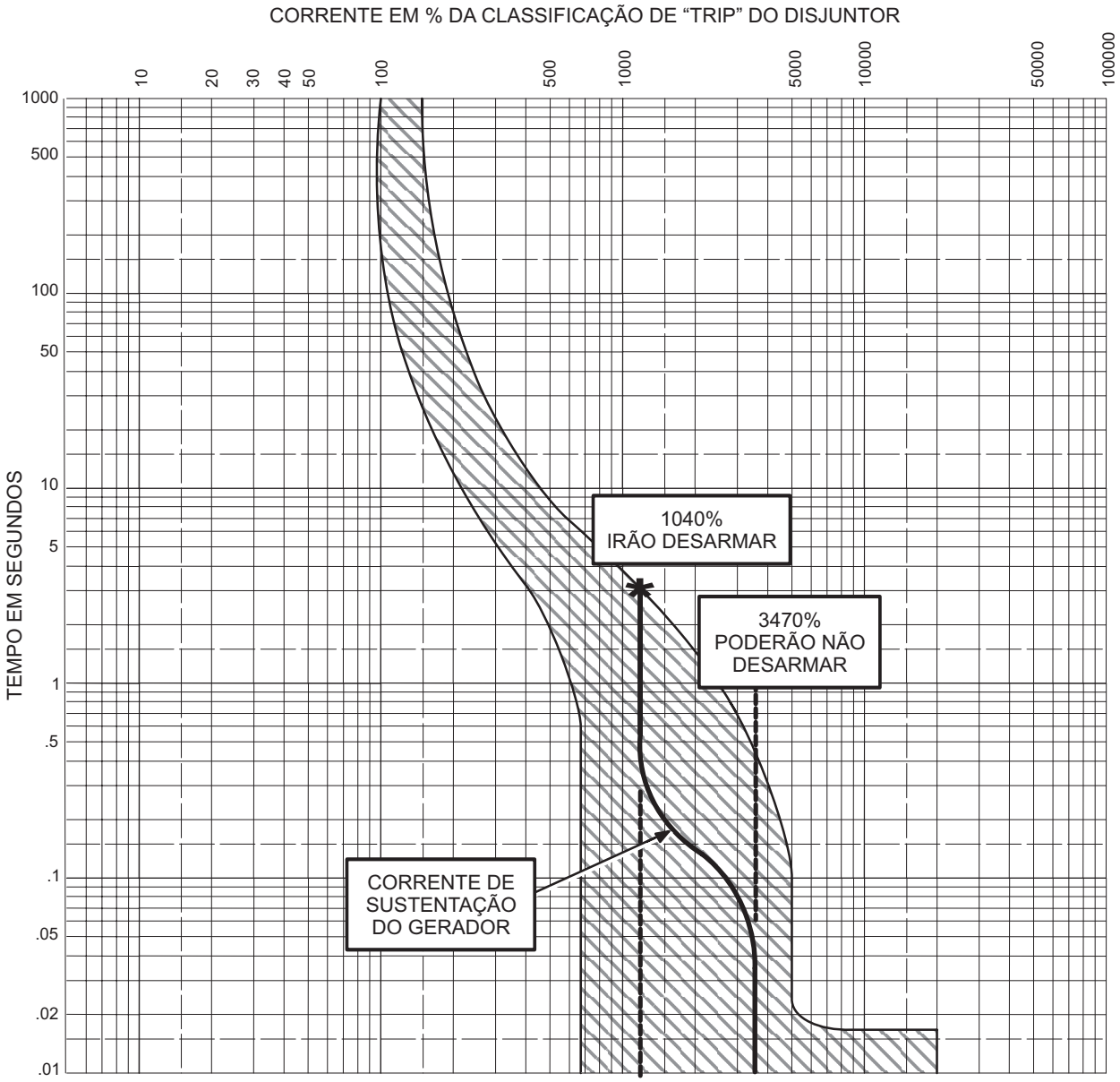


Figura 5-18. Efeito de falha em um disjuntor de 100 ampères com característica "B" de desarme.

Proteção dos geradores contra sobrecargas

Em aplicações do tipo “emergência” ou “standby”, em baixa tensão (600 volts ou menos), nas quais são alimentadas cargas críticas, e, onde o grupo gerador funciona durante um número relativamente pequeno de horas por ano, deverão ser satisfeitos os requisitos mínimos de proteção especificados nas normas técnicas para instalações elétricas. Além disso, o engenheiro responsável pelas especificações do projeto deverá determinar a solução mais ponderada entre a necessidade de proteção do equipamento e a continuidade do fornecimento de energia para cargas críticas e, eventualmente, poderá decidir por um grau de proteção acima do mínimo exigido.

Em aplicações do tipo “energia prime” ou “ininterruptas de baixa tensão”, a perda de energia resultante do acionamento dos dispositivos de proteção pode ser considerada tolerável e, portanto, seria apropriado especificar um grau mais elevado de proteção para o equipamento.

Zona de proteção

A “zona de proteção” para geradores inclui o gerador e os condutores conectados desde os terminais do gerador até o primeiro dispositivo proteção contra sobrecorrentes, mais o dispositivo de proteção contra sobrecorrentes para a linha principal (caso seja utilizado), ou ainda, o barramento do dispositivo de sobrecorrente do sistema de geração. A proteção contra sobrecorrentes do gerador deverá incluir proteção contra falhas de curto-circuito em qualquer ponto desta zona.

No lado anterior do barramento do sistema de geração, deve ser utilizado o procedimento padrão para a proteção contra sobrecorrentes nos condutores e equipamentos. O valor obtido pela divisão da corrente nominal do gerador pelo valor de classificação dos dispositivos de sobrecorrente anteriores, multiplicado pela corrente de curto-circuito especificada para o gerador durante os primeiros ciclos, deverá ser suficiente para desarmar estes dispositivos em um ou dois ciclos.

Sistemas do tipo “Emergência” e “Standby”, de 600 volts ou menos

Recomenda-se o uso da proteção mínima contra sobrecargas no gerador exigida pelas normas técnicas para instalações elétricas para as aplicações do tipo “Emergência” e “Standby”, de 600 volts ou menos. Em geral, isto significa que o gerador deverá ser equipado com um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes de fase, tais como, fusíveis ou disjuntores, ou ainda ser protegido por um dispositivo inerente como o PowerCommand AmpSentry™. Em algumas aplicações, as normas técnicas para instalações elétricas também podem exigir um sinal de indicação de falha de terra.

Disjuntor do grupo gerador

Um grupo gerador que não seja equipado de fábrica com um sistema inerente de proteção contra sobrecorrentes é, de maneira habitual, fornecido com um disjuntor em caixa moldada. Este disjuntor pode ser termo-magnético ou digital, e, dimensionado para proteger os condutores de alimentação do gerador conforme os requisitos das normas técnicas para instalações elétricas, para proteção contra sobrecargas. Todavia, um disjuntor padrão, em caixa moldada, termo-magnético, dimensionado para conduzir a corrente nominal do gerador, não fornece uma proteção efetiva ao gerador. Em geral, caso sejam utilizados disjuntores para a proteção de um grupo gerador, será necessário um disjuntor digital, com ajustes totais (padrão *LSI: Long time, Short time and Instantaneous*), para coordenar a curva de proteção do disjuntor conforme a curva de capacidade térmica do gerador. Nos casos em que o gerador é protegido por um sistema inerente, como os geradores equipados com o PowerCommand AmpSentry™, não será necessário utilizar um disjuntor na linha principal para proteger o gerador contra sobrecargas.

Existem outros motivos que favorecem o uso de um disjuntor, tais como, a proteção dos condutores de alimentação do gerador e a conveniência de um dispositivo de desconexão. Para se aumentar a confiabilidade de todo o sistema, pode ser utilizado um dispositivo de desconexão por meio de um comutador em caixa moldada ou por algum outro dispositivo não automático.

Projeto inerente e falhas balanceadas

Um gerador auto-excitado (*Shunt*) pode ser protegido por meio de um sistema inerente contanto que ele não seja capaz de sustentar uma corrente de curto-circuito em falhas trifásicas balanceadas durante um intervalo de tempo longo o suficiente para que ocorram danos sérios ao gerador. Devido à exigência de alta confiabilidade para o fornecimento de energia para cargas críticas, o uso do sistema de excitação (*“Shunt”*) é, algumas vezes, considerado como suficiente para atender aos requisitos mínimos para proteção do gerador por meio de um sistema inerente, conforme o exigido pelas normas técnicas para instalações elétricas. Nesse caso, outros os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes (fusíveis ou disjuntores), tornam-se desnecessários.

Nota: Na América do Norte, as normas técnicas para instalações elétricas permitem que os condutores de alimentação do gerador, dimensionados em 115% da corrente nominal do gerador, possam ser instalados em trechos de curta distância sem a necessidade de um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes.

Um gerador com excitação permanente (PMG), mas, sem o sistema de proteção PowerCommand é capaz de sustentar correntes de curto-circuito durante uma falha balanceada ou desbalanceada. Caso os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes localizados no trecho do circuito entre a falha e o gerador não consigam eliminar uma falha de curto-circuito trifásica "balanceada", o sistema de excitação PMG possui um recurso de desligamento por superexcitação que atua como "reserva". Este recurso de desligamento por superexcitação desliga o regulador de tensão em aproximadamente 8 a 10 segundos. Esta proteção de reserva é adequada apenas para proteção contra falhas trifásicas, e, pode não proteger o gerador contra danos causados por falhas monofásicas.

Controles PowerCommand e AmpSentry

O PowerCommand usa um microcontrolador (*um circuito integrado semelhante a um microprocessador, todavia, com mais recursos de controle*) com sensores de corrente trifásica para monitorar continuamente a corrente em cada fase. Caso ocorra uma falha monofásica ou trifásica, a corrente é controlada em cerca de 300% da classificação nominal do gerador. O microcontrolador efetua o cálculo integral do valor da corrente elétrica em função do tempo, e, compara o resultado com uma "curva de referência para danos térmicos" ao gerador. Antes que o sistema atinja os parâmetros previstos pela "curva de referência para danos", o microcontrolador desconecta o sistema de excitação do gerador e desliga o motor, para proteger o gerador. A **Figura 5-19** apresenta a curva de proteção do sistema AmpSentry[1] para uso em estudos de proteção e coordenação. A "curva de referência para danos térmicos" do alternador é mostrada à direita da curva de proteção do AmpSentry. Uma sobrecarga de corrente de 110% em relação à corrente nominal durante 60 segundos provoca o acionamento de um alarme de sobrecarga e dos contatos de desligamento das cargas. Uma sobrecarga acima de 110% fará com o tempo de resposta do sistema de proteção seja determinado pelo inverso do valor do tempo na curva de proteção. Estes controles proporcionam uma proteção ao gerador ao longo de toda a faixa de tempo e corrente, desde curtos-circuitos instantâneos, sejam eles monofásicos ou trifásicos, até sobrecargas com vários minutos de duração. Em termos de coordenação seletiva das cargas, o sistema AmpSentry possui uma importante vantagem em relação ao uso de um disjuntor principal, qual seja, o sistema AmpSentry possui um atraso inerente de aproximadamente 0,6 segundos para todas as falhas de corrente acima de 4 por unidade. Este atraso permite que a resposta quase instantânea dos disjuntores de linha, localizados antes do gerador, eliminem as falhas sem desligar o gerador, permitindo a coordenação seletiva com o primeiro nível de disjuntores localizados antes do gerador.

1) A curva de proteção do Power Command AmpSentry está disponível para os representantes da Cummins Power Generation. Formulário de pedido R-1053.

Indicação e proteção contra falhas de terra

Na América do Norte, as normas técnicas para instalações elétricas exigem que haja uma indicação (acionamento de um sinal de alerta) quando ocorrer uma falha de terra nos geradores utilizados em sistemas de "emergência" ou "standby" (sistemas de segurança ou de suporte à vida), solidamente aterrados, operando em tensões superiores a 150 volts (tensão com relação ao terra), e cujos sistemas principais de proteção contra sobrecorrentes tenham uma classificação nominal de 1000 ampéres ou mais. Caso isso seja necessário, o procedimento padrão em aplicações do tipo "emergência" ou "standby", é o acionamento de um sinal de alerta para indicar que houve uma falha de terra, sem que haja o conseqüente desarme de qualquer disjuntor. Este sinal de alerta deve ser do tipo "latch", ou seja, uma vez que tenha sido acionado, ele permanece acionado para indicar que houve uma situação de falha. Embora o gerador possa ser equipado um sistema de proteção contra falhas de terra, que force o desarme do disjuntor principal, isto não é exigido pelas normas técnicas para instalações elétricas e nem mesmo é recomendado para geradores utilizados em aplicações do tipo "emergência" ou "standby".

Em geral, para garantir que os sensores de falha de terra de um grupo gerador funcionem corretamente, exige-se que o gerador seja "derivado separadamente" (ou seja, que o neutro também seja comutado) e utilize um comutador de transferência 4 pólos[2].

"Energia Prime" e "Ininterrupta", em 600 Volts ou menos.

Na América do Norte, exige-se que os geradores utilizados em aplicações do tipo "energia prime" ou "ininterrupta", em tensões iguais ou inferiores a 600 volts, sejam equipados com sistemas de proteção contra sobrecorrentes recomendados pelas normas técnicas para instalações elétricas. Em geral, isso significa que o gerador deverá ser equipado com dispositivos de proteção contra sobrecorrentes em cada uma das fases, tais como como fusíveis ou disjuntores, ou então, ser protegido por um sistema inerente ao projeto.

As unidades equipadas com o controle PowerCommand e AmpSentry oferecem esta proteção. Caso seja necessário um nível mais alto de proteção, o PowerCommand também oferece as seguintes opções para proteção inerente em todas as fases:

- Curto-circuito;
- Elevação da tensão (tensão excessiva);
- Queda na tensão (tensão reduzida);
- Perda do campo;
- Energia reversa.

Como foi mencionado antes, o controle PowerCommand com AmpSentry oferece proteção contra sobrecorrentes e perda de campo inerente ao seu projeto.

2) Consultar a publicação T-016 da Cummins Power Generation sobre Paralelismo e Chave Seletora de Paralelismo.

Média tensão, todas as aplicações

Em geral, nas aplicações de média tensão (entre 601 e 15.000 volts), o procedimento padrão de equipar o gerador com um sistema de proteção não compromete a confiabilidade do fornecimento de energia, contanto que seja possível a seleção (ativação ou desativação) destes dispositivos.

O custo do investimento em equipamentos também garante um grau mais elevado de proteção.

O sistema básico para a proteção mínima do gerador, inclui (veja a **Figura 5-20**):

- Sistema reserva para detecção de sobrecorrente trifásica (51V);
- Um relé reserva para detecção de falha tempo-sobrecorrente de terra (51G);
- Detecção de perda do campo (40);
- Detecção de sobrecorrente trifásica instantânea para proteção diferencial (87).

Consulte a Norma ANSI/IEEE No. 242 para obter informações adicionais sobre os sistemas de proteção para estes geradores contra sobrecorrentes.

Proteção contra surtos de alta tensão em geradores de média tensão

Deve-se considerar a proteção de geradores de média tensão contra surtos de alta tensão provocados por quedas de raios nas linhas de distribuição e pelas operações de comutação. Os recursos mínimos de proteção incluem:

- Supressores contra surtos de energia (*surge arresters*) nas linhas de distribuição;
- Supressores contra surtos de energia (provocados por raios, picos ou transientes) nos terminais do gerador;
- Condensadores contra surtos de energia nos terminais do gerador;
- Observância estrita aos procedimentos corretos para o aterramento do sistema.

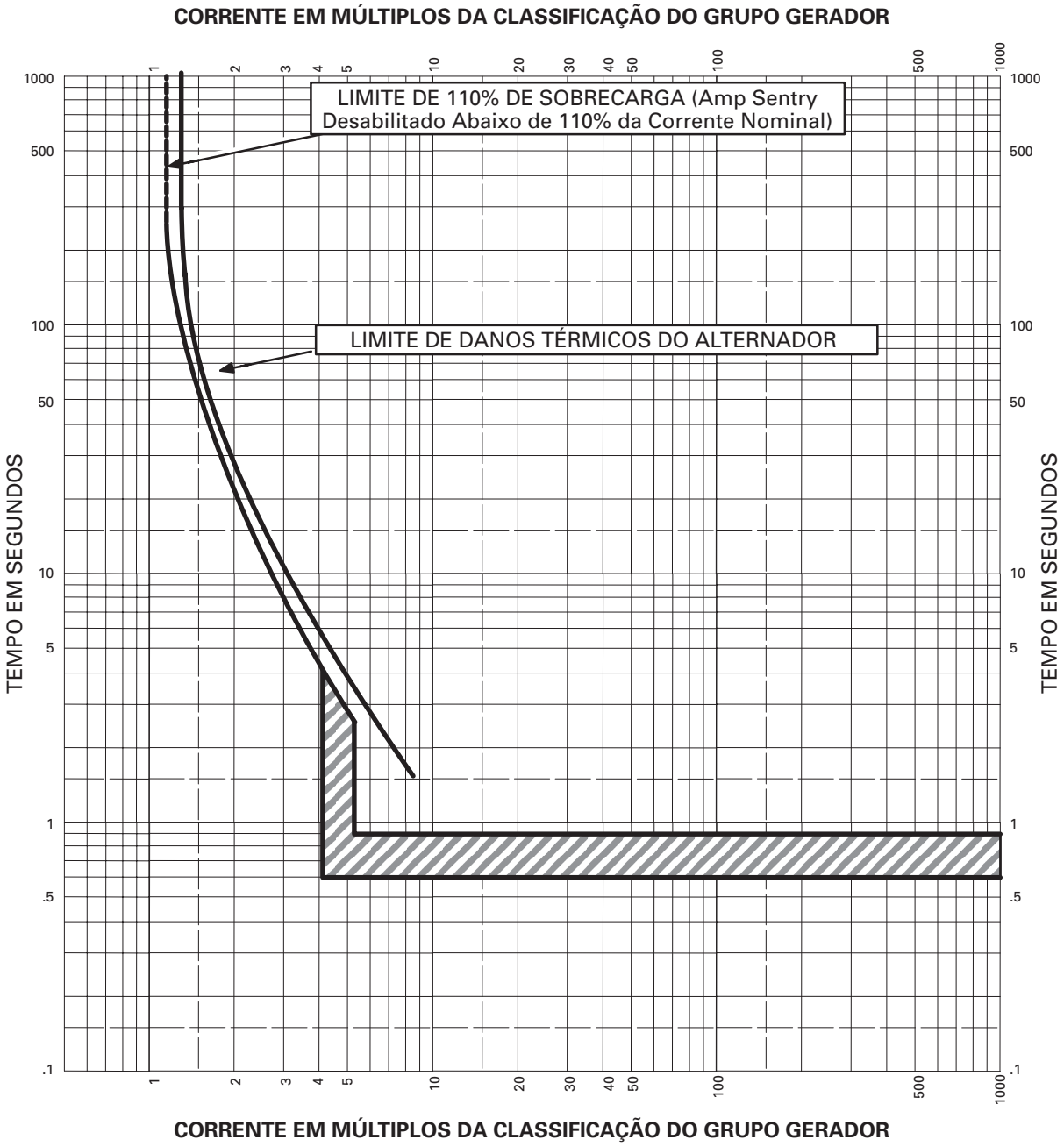


Figura 5-19. Curva característica de proteção AmpSentry™ do controle PowerCommand® e Curva de Danos do Alternador. (*Nota: Esta curva aplica-se a todos os Grupos Geradores PowerCommand da Cummins*).

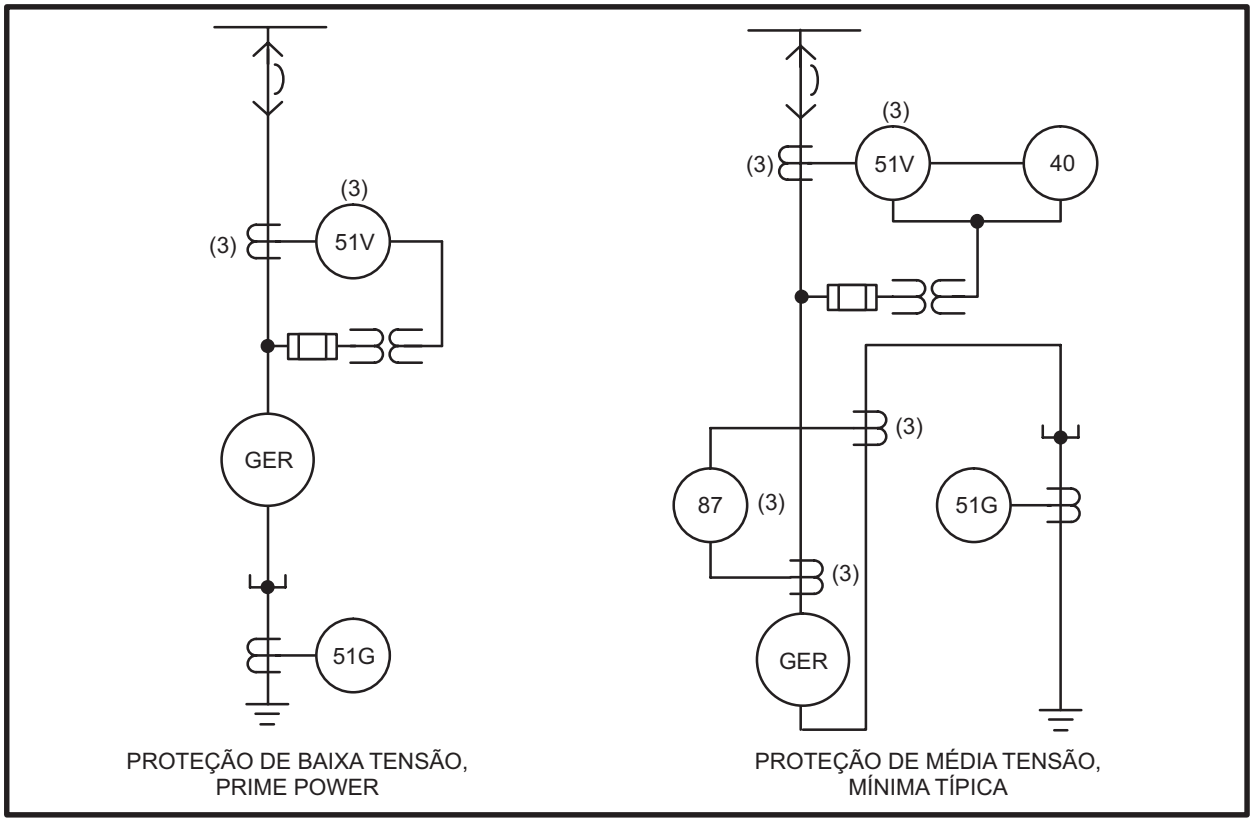


Figura 5-20. Esquema de um sistema típico de proteção.

Página deixada intencionalmente em branco

CAPÍTULO 6

6 – PROJETO MECÂNICO 107
Fundação e Montagem 107
Montagem do grupo gerador e isolamento contra vibrações 107
Recursos para as fundações 108
Piso com laje 108
Montagem sobre pilares 108
Fundações para o isolamento de vibrações 109
Isoladores de vibrações 111
Coxins isoladores 111
Molas isoladoras 111
Isoladores pneumáticos de vibração (a “ar”) 113
Isoladores utilizados em locais sujeitos a abalos sísmicos 113
Resistência a Terremotos 113
Alívio de tensões na fiação de energia e na fiação do sistema de controle 113
Sistema de escape 114
Diretrizes gerais do sistema de escape 114
Cálculos do sistema de escape 119
Exemplo de cálculo da contrapressão do escape 119
Arrefecimento do motor 124
Requisitos 124
Todos os sistemas 124
Todas as instalações de trocadores de calor 124
Todas as instalações dos sistemas de arrefecimento não-fornecidas pelo fabricante do grupo gerador 125
Recomendações 127
Todos os tipos de instalações de “trocadores de calor” 127
Todas os tipos de instalações para os sistemas de arrefecimento não-fornecidos pelo fabricante do grupogerador 127
Descritivo 128
Tipos de Sistemas de Arrefecimento 128
Sistemas sem pós-arrefecimento 129
Sistemas com pós-arrefecimento do tipo“jaqueta de água” (JWAC - “jacket water aftercooling”) 129
Sistemas com pós-arrefecimento do tipo ar-ar(ATA - “air-to-air aftercooling”) 129
Sistemas de arrefecimento do tipo “uma-bomba dois-circuitos” (1P2L, “one-pump two-loops”) 129
Sistemas de arrefecimento do tipo “duas-bombas dois-circuitos” (2P2L, “two-pumps two-loops”) 130
Sistemas de arrefecimento fornecidos pelo fabricante do grupo gerador (“originais de fábrica”) 131
Radiador montado no próprio grupo gerador 131
Trocador de calor montado no próprio grupo gerador 132
Cálculos (exemplo) 133
Sistemas de arrefecimento não-fornecidos pelo fabricante do grupo gerador 134
Estabelecimento de uma metodologia para o uso de um sistema de arrefecimento remoto 134

Determinação do valor máximo da pressão gerada pela bomba hidráulica do sistema de arrefecimento do motor (“Static Head”). 136
Determinação do valor da perda de pressão do líquido de arrefecimento do motor ao longo do seu circuito hidráulico (“Friction Head”) 136
Requisitos gerais para todos os sistemas de arrefecimento não fornecidos pelo fabricante do grupo gerador (“NÃO originais de fábrica”)..... 138
Conexões e tubulação do sistema de arrefecimento do motor 140
Radiadores remotos 140
Trocadores de calor remotos..... 142
Sistemas de trocadores de calor “duplos” (“dual heat exchangers”) 142
Requisitos para o tanque de desaeração..... 143
“Volume extra” e “expansão térmica” do líquido de arrefecimento 145
“Desaeração” do sistema de arrefecimento..... 146
Abastecimento do sistema de arrefecimento..... 146
Limpeza do sistema de arrefecimento..... 147
Arrefecimento do combustível 147
Interconexão entre sistemas de arrefecimento 147
Líquido de arrefecimento 147
Aquecedores para o líquido de arrefecimento..... 148
Altitude e temperatura ambiente 149
“Temperatura Ambiente Limite” (LAT) para o funcionamento do sistema 150
Arrefecimento do alternador..... 150
Obstruções no sistema de arrefecimento 151
Manutenção do sistema de arrefecimento 151
Aplicações em “serviços externos” 151
Arrefecimento do motor 151
Radiador montado no chassis..... 152
Radiador remoto 153
Radiador remoto equipado com sistema de “desaeração” 157
Radiador remoto equipado com bomba auxiliar para o líquido de arrefecimento..... 157
Radiador remoto equipado com um reservatório do tipo “Hot Well” 160
Arrefecimento do motor por meio de radiadores remotos com circuitos múltiplos 162
Duas bombas, dois circuitos..... 162
Uma bomba, dois circuitos 162
Sistema de pós-arrefecimento do tipo ar-ar 162
Radiadores indicados para aplicações do tipo “radiador remoto” 163
Radiadores Remotos..... 163
Trocador de calor montado no chassis do grupo gerador..... 164
Sistemas de arrefecimento equipados com dois trocadores de calor..... 166
Aplicações com torre de arrefecimento 167
Arrefecimento do combustível utilizando-se radiadores remotos 167
Cálculos para o dimensionamento da tubulação de arrefecimento 168
Tratamento para o líquido de arrefecimento 170
Ventilação 172
Diretrizes Gerais 172
Requisitos para o sistema de ventilação..... 172
Recomendações para o sistema de ventilação 173
Determinação dos requisitos para o fluxo de ar no sistema de ventilação 174
ETAPA 1: Determine a quantidade de calor emitido pelo grupo gerador para o interior de seu recinto 174
ETAPA 2: Determine a quantidade de calor emitido pelo silencioso e pela tubulação de escape para o recinto 174

ETAPA 3: Determine a quantidade de calor emitido por outras fontes para o interior de recinto 176
ETAPA 4: Calcule a quantidade total de calor emitido por outras fontes para o interior de recinto 176
ETAPA 5: Determine o “Aumento Máximo Aceitável de Temperatura” no interior do recinto (ou sala) 176
ETAPA 6: Determine o Requisito de Fluxo de Ar de Combustão 177
ETAPA 7: Calcule o fluxo total de ar que deve passar através do recinto do grupo gerador 177
ETAPA 8: Ajuste do valor do fluxo de ar em função da altitude 178
ETAPA 9: Determine as especificações para um sistema de ventilação auxiliar 179
Requisitos para entrada e saída de ar no projeto de ventilação do recinto do grupo gerador 180
Cálculo da área efetiva para a entrada e saída do fluxo de ar no recinto do grupo gerador 181
Diretrizes para a entrada e saída de ar no projeto de ventilação do recinto do grupo gerador 181
Pressão negativa no recinto do grupo gerador 183
Ventilação do cárter do motor 183
Restrição ao fluxo de ar no recinto do grupo gerador 184
Ventilação em instalações que contenham múltiplos grupos geradores 186
Operação das venezianas no recinto do grupo gerador 187
Paredes de contenção 188
Filtragem do ar utilizado para ventilação 189
Efeito da altitude e da temperatura ambiente no sistema de ventilação 189
Verificação do sistema de ventilação 189
Aumento da temperatura dentro do recinto do grupo gerador 189
Restrição ao fluxo de ar no interior do recinto do grupo gerador 189
Diretrizes gerais para o sistema de ventilação do recinto do grupo gerador 191
Cálculo do fluxo de ar através do recinto do grupo gerador 193
Teste de campo dos sistemas de ventilação 194
Ventilação do radiador montado diretamente no chassi do grupo gerador 194
Ventilação em sistemas equipados com trocador de calor ou radiador remoto 197
Exemplo de cálculo para o fluxo de ar para ventilação dentro do recinto do grupo gerador 198
Suprimento de combustível 199
Suprimento de diesel combustível 199
Tubulação para o diesel combustível 204
Tanques de combustível “sob a base” 205
Tanques diários 205
Utilização de combustível gasoso 206
Qualidade do combustível gasoso 206
Teor energético 206
Gás natural canalizado 207
Gás de “campo” 207
Propano (GLP) 207
Contaminantes no combustível 207
Análise química do combustível 208
Projeto do sistema de combustível para ogrupo gerador 210
Projeto do sistema de combustível do Local 210
Cálculo da pressão do combustível em um sistema acionado por combustível gasoso 212
Tamanho do tanque 212
Dimensionamento das tubulações para o gáscombustível 212

Redução de ruídos em aplicações de grupos geradores 219
A ciência dos ruídos 219
Adição das intensidades sonoras de diversas fontes..... 220
Efeito da distância sobre a intensidade do som 221
Ruídos produzidos por um grupo gerador 222
Redução de ruídos transmitidos por estruturas prediais 222
Redução de ruídos que se propagam pelo ar (som) 223
Carenagens (gabinetes) equipadas com atenuação ou isolamento de som 223
Desempenho do silencioso do escapamento 224
Proteção contra incêndios 225
Projeto do recinto do equipamento 226
Considerações gerais 226
Instalações sobre o teto 226

6 PROJETO MECÂNICO

Fundação e Montagem

Montagem do grupo gerador e isolamento contra vibrações

O projeto de instalação de um grupo gerador deve prover uma fundação adequada para suportar o seu peso e evitar que níveis de energia danosos ou incômodos resultantes do movimento de vibração do equipamento sejam transmitidos para a estrutura da edificação. Além disso, a instalação também deve assegurar que a infra-estrutura de suporte do grupo gerador não permita que suas vibrações sejam transmitidas para os componentes estacionários do equipamento.

Todos os componentes que se conectam fisicamente ao grupo gerador devem ser flexíveis para absorver os movimentos de vibração sem sofrer danos. Os componentes que necessitam de isolamento são o sistema de escape do motor, as linhas de combustível, o cabeamento para alimentação de energia em corrente alternada (CA), o cabeamento da carga, o cabeamento do sistema de controle (a qual deve ser feita utilizando-se fios flexíveis ao invés de utilizar fios rígidos), o grupo gerador (por meio de coxins na sua plataforma de montagem) e os dutos de ar para ventilação (para os modelos de grupo geradores com radiador montado no chassis) (veja a **Figura 6-1**). A falta do devido cuidado para o isolamento destes pontos de interconexão física e elétrica pode fazer com que o movimento de vibração cause danos à edificação ou ao grupo gerador, assim como fazer com que ocorram falhas no funcionamento do grupo gerador.

CONSIDERAÇÕES DO PROJETO DE INSTALAÇÃO
ISOLAMENTO DE VIBRAÇÕES / RUÍDOS
ESCAPE FLEXÍVEL
CONDUÍTES FLEXÍVEIS DE ENERGIA E CONTROLE
ADAPTADOR DO DUTO FLEXÍVEL DE AR
SUPORTE DO TUBO
LINHAS FLEXÍVEIS DE COMBUSTÍVEL
ISOLADORES DE VIBRAÇÕES

Figura 6-1. Típicos dispositivos anti-vibração para um grupo gerador.

Em geral, o motor, o alternador e demais equipamentos que integram o grupo gerador são montados em conjunto sobre uma base estrutural do tipo “trenó” (*skid base assembly*). Esta base proporciona uma estrutura rígida que garante a integridade estrutural e oferece um certo grau de isolamento das vibrações. As fundações, o piso, ou teto devem ser capazes de suportar o peso do conjunto formado pelo grupo gerador e seus acessórios (como, por exemplo, um tanque de combustível sob a base), bem como resistir às cargas dinâmicas e não transmitir as vibrações e ruídos.

Nas aplicações nas quais o isolamento das vibrações é crítico, o peso de todo o conjunto montado pode também incluir o peso de uma fundação sólida para a montagem (consulte o ítem “*Provisões para a fundação*”, nesta seção).

As dimensões, o peso e as configurações de montagem variam muito dependendo do fabricante e do equipamento. Consulte as instruções para a instalação fornecidas pelo fabricante do modelo específico que será utilizado para obter informações mais detalhadas sobre os pesos e as dimensões de montagem[1].

Recursos para as fundações

Piso com laje

Em muitas aplicações, não é necessário utilizar uma fundação sólida para a instalação do grupo gerador. Caso a transmissão das vibrações para a edificação não seja um problema significativo, o problema principal será a instalação do grupo gerador de modo que seu peso seja suportado adequadamente e que os procedimentos de manutenção e reparos da unidade possam ser feitos com facilidade. Para facilitar os serviços de reparos e limpeza em torno da unidade pode ser construída uma base elevada de concreto sobre o piso de concreto original para elevar o grupo gerador a uma altura conveniente.

- Esta base deve ser construída em concreto reforçado, com cura de 28 dias, e uma resistência à compressão de, pelo menos, 17.200 kPa (2.500 psi).
- Esta base deve ter pelo menos 150 mm (6 polegadas) de espessura e estender-se por, pelo menos, 150 mm (6 polegadas), em cada um dos lados, para além da estrutura do grupo gerador.

Consulte nos desenhos técnicos fornecidos pelo fabricante do grupo gerador as localizações físicas das linhas de combustível, as interconexões do sistema de controle e de energia e outras conexões que devem ser embutidas no concreto. Essas conexões, e suas localizações, variam consideravelmente entre os diversos fabricantes.

Os isoladores de vibração devem ser fixados na base de montagem do equipamento utilizando-se com parafusos do Tipo J ou L (cavilhas ou ganchos) embutidos na base de concreto. O posicionamento correto dos parafusos “embutidos” pode ser problemático, dado que mesmo pequenos erros podem causar perda de tempo para refazer a furação na base estrutural do equipamento. Alguns projetos de grupos geradores permitem o uso de parafusos ancorados no concreto. Estes projetos exigem que os pontos de fixação sejam cuidadosamente posicionados em função da localização real dos pontos de montagem no grupo gerador e nos isoladores.

A base para a montagem do grupo gerador deve ser plana e nivelada para permitir a montagem e o ajuste corretos do sistema de isolamento das vibrações. Certifique-se de que a base para montagem do equipamento esteja nivelada ao longo de seu comprimento, largura e diagonais.

Montagem sobre pilares

Como alternativa, o grupo gerador pode ser montado sobre pilares de concreto orientados ao longo do comprimento da base estrutural do grupo gerador. Esta configuração permite o fácil posicionamento de uma bandeja sob o grupo gerador e proporciona mais espaço para serviços de reparo e manutenção no grupo gerador. Os pilares devem ser chumbados no solo.

1) Informações detalhadas sobre os produtos da Cummins Power Generation podem ser encontradas no Cummins Power Suite, ou serem obtidas junto a um distribuidor autorizado.

Fundações para o isolamento de vibrações

Sempre que for preciso montar um grupo gerador sobre uma fundação para reduzir a transmissão de vibrações à edificação, é necessário levar em consideração alguns outros fatores. A **Figura 6-2** ilustra as caracteríticas típicas de uma fundação para o isolamento de vibrações.

- O peso (W) da fundação deve ser, pelo menos, 2 vezes (e, no máximo, entre 5 a 10 vezes) o peso do grupo gerador em si para resistir às cargas dinâmicas.

  O peso do combustível, em um tanque de combustível construído sob a base do grupo gerador, não deve ser considerado no cáculo para isolamento de vibrações, mesmo porque devem haver isoladores de vibrações entre o tanque de combustível e o grupo gerador.

- A fundação deve se extender, em todas as direções, por pelo menos 150 mm (6 polegadas), para além das dimensões da base estrutural do grupo gerador. Este critério determina os valores mínimos para o comprimento (l) e para a largura (w) da fundação.

- A fundação deve se elevar em, pelo menos, 150 mm (6 polegadas) acima do solo para facilitar os serviços de reparos e manutenção do grupo gerador.

- A fundação deve se estender para baixo até um nível inferior à linha de penetração do gelo (ou seja, ao nível de congelamento do solo) para evitar o acúmulo de peso devido ao gelo (em locais onde existe a possibilidade de nevar).

- A fundação deve ser feita em concreto reforçado, com 28 dias de cura, e ser capaz de suportar uma compressão de, pelo menos, 17.236,89 kPa (2.500 psi).

- Para se calcular a altura (h) necessária para que uma fundação tenha o peso exigido (W), deve-se utilizar a seguinte fórmula:

$$h = \frac{W}{d \cdot l \cdot w}$$

  Onde:

  h = Altura da fundação em metros (pés).
  l = Comprimento da fundação em metros (pés).
  w = Largura da fundação em metros (pés).
  d = Densidade do concreto: 2322 kg/m³ (145 lb/pé³).
  W = Peso úmido total do grupo gerador em kg (lbs).

- Em geral, a soma do peso total do grupo gerador mais o peso do líquido de arrefecimento, mais o peso do combustível e mais o peso da fundação resulta em uma pressão sobre o solo (SBL - "*Soil Bearing Load*") inferior à 9.800 kg/m² (96 kPa) (ou, 2.000 lb-pé²). Embora esse valor esteja dentro da faixa de capacidade da maioria dos solos, o cálculo do valor permitido para a SBL deve sempre ser feito em conformidade com as normas técnicas locais e conforme o relatório de análise do solo para o local da edificação. Lembre-se de incluir o peso do líquido de arrefecimento, do lubrificante e do combustível (se aplicável) ao fazer este cálculo. O valor de SBL pode ser calculado utilizando-se a seguinte fórmula:

$$SBL\ (psi) = \frac{W}{d \cdot l \cdot 144}$$

ou

$$SBL\ (kPa) = \frac{W \cdot 20{,}88}{d \cdot w}$$

Exemplo de um cálculo (unidades americanas):

O peso úmido de um grupo gerador de 500 kW é de aproximadamente 4.540 kg (10.000 libras) (incluindo o líquido de arrefecimento e lubrificantes). A sua base estrutural ("*skid base*") tem 3 m (10 pés) de comprimento por 1 m (3,4 pés) de largura.

l = 10 + (2 • 0,5) = 11 pés
w = 3.4 + (2 • 0,5) = 4,4 pés
Peso da fundação = 2 • 10.000 = 20.000 lb
Peso total = grupo gerador + fundação
=10.000 + 20.000 = 30.000 lbs

$$SBL = \frac{30.000}{11 \cdot 4{,}4} = 620\ lbs/ft^2$$

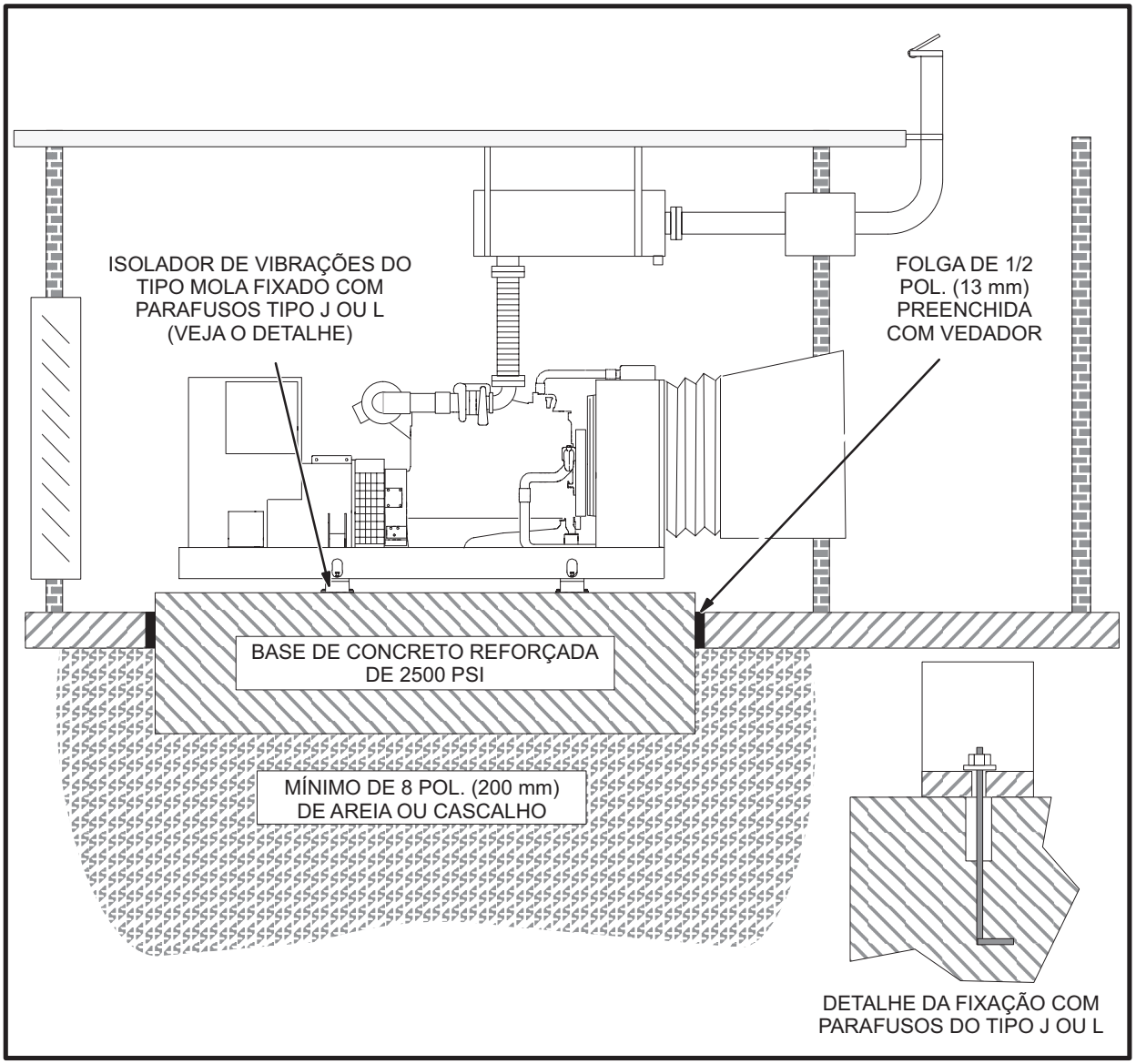

ISOLADOR DE VIBRAÇÕES DO TIPO MOLA FIXADO COM PARAFUSOS TIPO J OU L (VEJA O DETALHE)
FOLGA DE 1/2 POL. (13 mm) PREENCHIDA COM VEDADOR
BASE DE CONCRETO REFORÇADA DE 2500 PSI
MÍNIMO DE 8 POL. (200 mm) DE AREIA OU CASCALHO
DETALHE DA FIXAÇÃO COM PARAFUSOS DO TIPO J OU L

Figura 6-2. Caracteríticas típicas de uma fundação para isolamento de vibrações.

Isoladores de vibrações

O motor e o alternador de um grupo gerador devem ser isolados da estrutura de montagem sobre a qual grupo gerador é instalado. Alguns grupos geradores, especialmente os modelos com menor capacidade de potência (kW), utilizam isoladores de vibração feitos de neoprene/borracha que são instalados na máquina entre o motor/alternador e a sua base estrutural[2] (*"skid base"*). Em geral, a base estrutural destes grupos geradores pode ser fixada diretamente na fundação, no solo ou na sub-estrutura. Outros modelos de grupos geradores não possuem esta característica de projeto e, o conjunto motor/alternador é fixado solidamente na sua base estrutural (*"skid base"*). Os grupos geradores cujos projetos não possuem dispositivos integrados para isolamento de vibrações devem ser instalados utilizando-se equipamentos para isolamento de vibrações tais como coxins, molas ou isoladores pneumáticos.

NOTA: *O uso de parafusos para fixar diretamente no solo ou na fundação um grupo gerador que não tenha isoladores integrados resultará em excesso de ruídos e vibrações, e possíveis danos ao grupo gerador, ao piso e a outros equipamentos. As vibrações também podem ser transmitidas através da estrutura da edificação e esta estrutura pode ser danificada.*

Coxins isoladores

Os isoladores do tipo coxim são compostos de camadas de materiais flexíveis e projetados para amortecer as amplitudes das vibrações em aplicações "não-críticas", tais como aquelas nas quais os grupos geradores são montados sobre pisos de concreto construídos diretamente sobre o solo, ou quando os grupos geradores são montados do lado de fora das edificações e alojados em seus próprios gabinetes, ou ainda quando são utilizados grupos geradores com isoladores integrados. A eficiência dos coxins isoladores é variável, mas, em geral, o seu valor fica em torno de 75%. Dependendo da forma como são construídos, a eficiência destes isoladores também pode variar em função da temperatura, uma vez que em temperaturas mais baixas a borracha de isolamento é muito menos flexível do que em temperaturas mais elevadas.

Molas isoladoras

A **Figura 6-3** mostra um isolador de vibração feito com mola de aço, do tipo exigido para a montagem de grupos geradores que não possuem isoladores de vibração integrados. A figura mostra o coxim de borracha da base, o corpo do isolador, os parafusos de fixação, o parafuso de ajuste e a porca de travamento.

Estes isoladores com mola de aço podem amortecer até 98% da energia da vibração produzida pelo grupo gerador. Os isoladores devem ser instalados de acordo com as especificações do fabricante do grupo gerador. Os isoladores não devem instalados de maneira simétrica ao longo do perímetro da base do grupo gerador, pois as normas técnicas exigem que os mesmos sejam posicionados em função do centro de gravidade da máquina. O número de isoladores necessários varia conforme as suas especificações e com o peso do grupo gerador. Veja a **Figura 6-4**.

Quando um grupo gerador é montado em uma estrutura acima de um tanque de combustível (no tipo de configuração denominado "tanque de combustível montado sob a base"), o(s) tipo(s) do(s) isolador(es) de vibração exigidos para proteger o tanque de combustível irão depender das caracteríticas da estrutura do tanque e da magnitude das forças de vibração criadas pelo grupo gerador. Em geral, caso o grupo gerador esteja equipado com isoladores de vibração feitos de borracha sintética e instalados entre o conjunto motor/alternador e a sua base estrutural (*"skid base"*) não há necessidade de que sejam instalados isoladores de vibração adicionais entre o grupo gerador e o tanque de combustível montado sob a base. Caso o grupo gerador esteja fixado diretamente à sua base estrutural (*"skid base"*) sem o uso de isoladores de vibração, será necessária a instalação de isoladores de vibração entre a base estrutural e o tanque de combustível montado sob a base, para proteger o tanque e para isolar a edificação das vibrações produzidas pelo grupo gerador.

Qualquer que seja a combinação de grupo gerador e tanque de combustível sob a base, as recomendações do fabricante para a instalação dos isoladores devem ser obedecidas.

Os isoladores de vibração do tipo mola devem ser escolhidos e instalados de maneira adequada, para proporcionar um isolamento eficiente. O peso do grupo gerador deve comprimir os isoladores não mais que o suficiente para permitir que tenham liberdade de movimento e sem fazer com que os isoladores sejam comprimidos até o seu limite máximo. Isto é feito selecionado-se os tipos de isoladores e a sua quantidade usando como critério a classificação de peso dos isoladores e no peso total do grupo gerador.

Os isoladores devem ser ancorados positivamente na base para montagem do grupo gerador usando-se parafusos do tipo gancho (L ou J) ou cavilha (ancorados no concreto).

2) Os grupos geradores (625/500 kW e menores) da Cummins Power Generation possuem isoladores de vibrações feitos de borracha e localizados entre a base estrutural e o conjunto motor-gerador, e não exigem o uso de isoladores de vibrações externas para a maioria das aplicações.

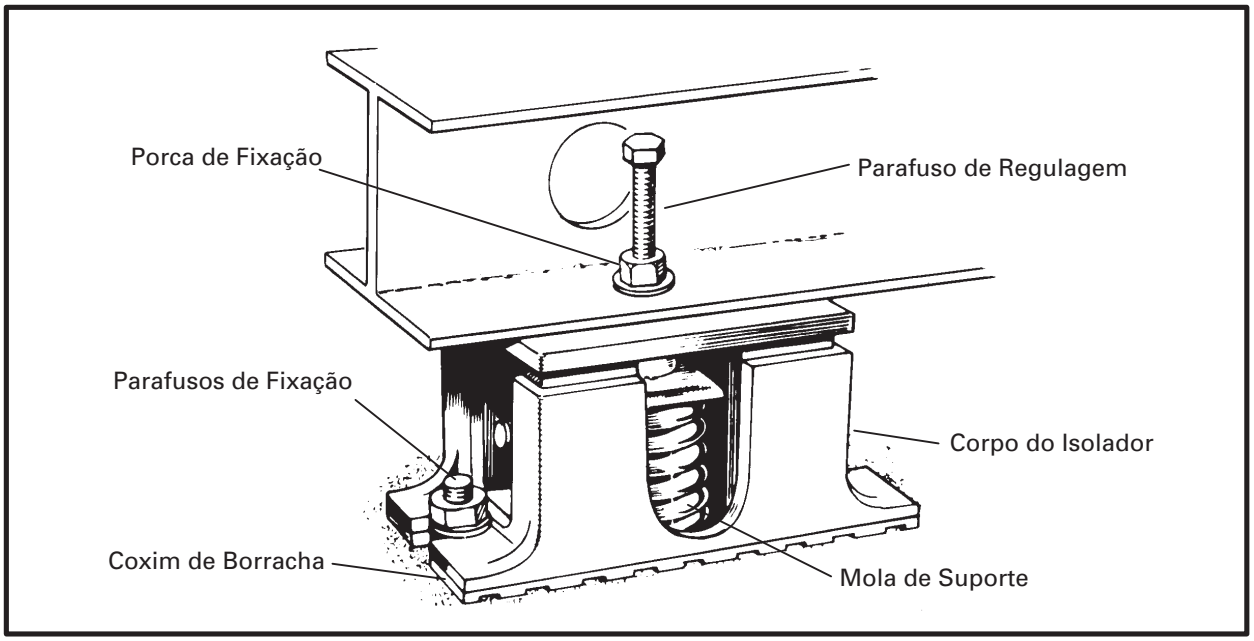


Figura 6-3. Isolador de vibração feito com mola de aço.

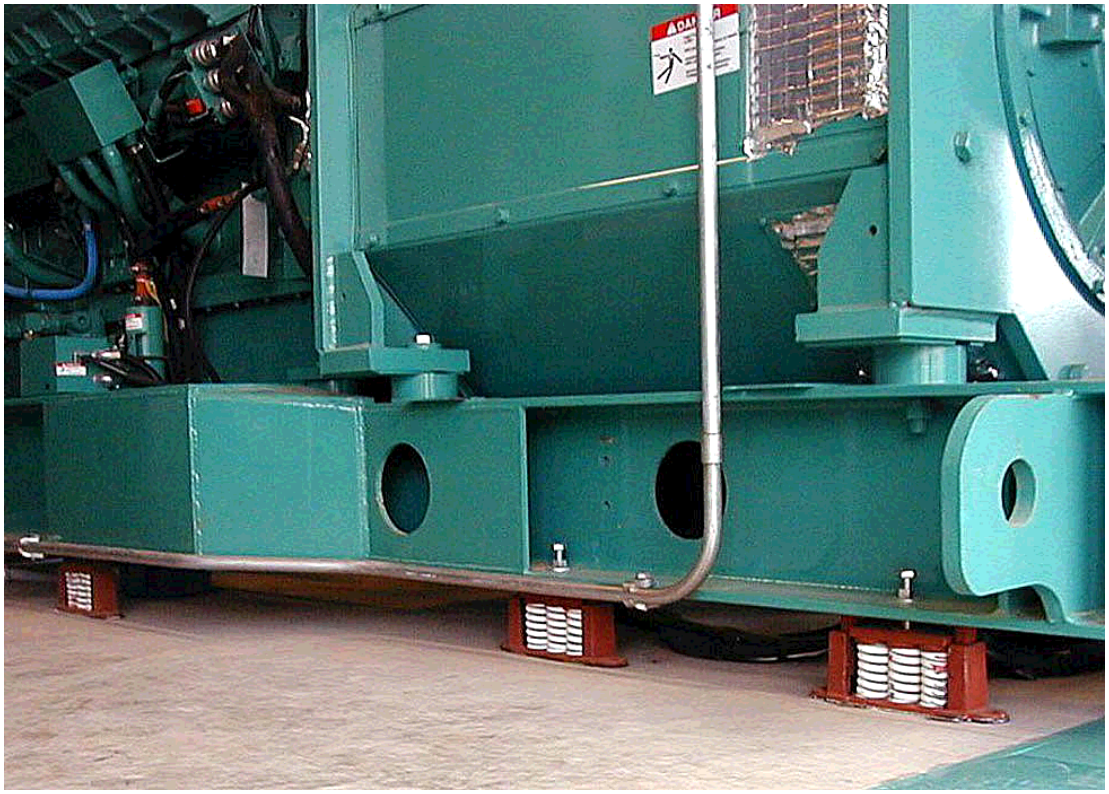


Figura 6-4. Grupo gerador montado sobre isoladores de vibração feitos com molas de aço.

Isoladores pneumáticos de vibração (a "ar")

Um isolador pneumático de vibração (ou "mola de ar") é simplesmente um recipiente vedado que contém um volume confinado de gás e projetado para utilizar a pressão deste gás como se fosse a força de compressão de uma mola. Os isoladores pneumáticos podem proporcionar uma freqüência normal de oscilação menor do que a obtida por um isolador fabricado com elastômero (borracha). Além disso, estes isoladores podem ser projetados especialmente para ter uma altura menor do que os isoladores fabricados com molas helicoidais de aço. Estes isoladores também permitem que se ajuste o seu nivelamento por meio do ajuste da pressão dentro da câmara de gás.

Os isoladores pneumáticos exigem mais cuidados com a sua manutenção e as suas limitações devidas à sua sensibilidade à temperatura são mais restritivas do que as das molas helicoidais. A rigidez dos isoladores pneumáticos varia conforme a pressão do gás no seu interior e não é constante como a rigidez de outros tipos de isoladores. O resultado disso é que a sua freqüência normal de oscilação não varia com o peso da carga da mesma forma com que ocorre para os outros tipos de isoladores. Uma falha ou um vazamento no sistema de pressurização do ar pode provocar uma falha completa dos isoladores.

Em geral, a capacidade de amortecimento dos isoladores pneumáticos é comparativamente baixa, com uma relação crítica de amortecimento da ordem de 0,05 ou menos. Este amortecimento é obtido pela flexão do diafragma do pistão, pela fricção com as paredes laterais do pistão, ou pelo amortecimento devido à compressão do gás. É possível aumentar a capacidade de amortecimento destes isoladores por meio de uma resistência capilar ao fluxo de gás. Isso pode ser feito por meio de um pequeno orifício que permita o fluxo de gás entre o cilindro do isolador do ar e os tanques de compensação do sistema pneumático.

Isoladores utilizados em locais sujeitos a abalos sísmicos

Alguns fatores adicionais devem ser levados em conta nos casos em que um grupo gerador é instalado em uma região sujeita à abalos sísmicos. Além de sua função principal de proteger as edificações e outros equipamentos contra as vibrações produzidas pelo grupo gerador, os isoladores de vibração também devem garantir que o grupo gerador permaneça ancorado e não se desprenda de sua base de fixação na eventualidade de ocorrer um abalo sísmico.

Em locais sujeitos à abalos sísmicos, os isoladores de vibração são frequentemente instalados entre a base estrutural do grupo gerador ("*skid base*") e a estrutura à qual o grupo gerador é fixado.

Os isoladores utilizados em regiões sujeitas à abalos sísmicos devem ser instalados numa configuração do tipo "de confinamento", ou seja, eles devem restringir os movimentos do grupo gerador de tal modo que estes movimentos não possam se tornar excessivos, e, além disso, devem ser fortes o bastante para resistir às forças sísmicas às quais se avalia que possam ser submetidos durante um abalo. Os isoladores de vibração adequados para este tipo de aplicação podem ser fabricados em borracha sintética ou com molas de aço.

Os isoladores de vibração instalados entre o conjunto motor/alternador e a sua base estrutural (*"skid base"*) devem fixá-los de forma adequadamente segura. Em geral, estes isoladores são fabricados com borracha sintética, e o seu "design" deve ser do tipo "restritivo" ou "de confinamento" de modo a proporcionar a capacidade de fixação adequada para um equipamento instalado em área sujeita a abalos sísmicos.

Independente dos tipos (e magnitudes) dos eventos sísmicos aos quais o equipamento possa estar sujeito, deve sempre haver a consultoria de um engenheiro de estruturas, devidamente qualificado, sobre os procedimentos para a instalação.

Resistência a Terremotos

Os grupos geradores da Cummins Power Generation, quando adequadamente instalados e fixados (com a devida restrição de movimentos para este tipo de aplicação), podem ser utilizados em regiões que, reconhecidamente, estão sujeitas a abalos sísmicos. São necessários diversos cuidados especiais para a instalação e fixados (com a devida restrição de movimentos para este tipo de aplicação) do equipamento com as características de peso, densidade e dimensões de um grupo gerador. O peso do grupo gerador, o seu centro de gravidade e a localização dos pontos de fixação mais adequados para a instalação estão descritos nos diagramas técnicos para grupo gerador fornecidos pela Cummins Power Generation.

Componentes como as linhas de distribuição de eletricidade, tubulações para o líquido de arrefecimento e para a o combustível devem ser projetados e instalados de modo que possam sofrer os menores danos possíveis e facilitar ao máximo os procedimentos de reparos posteriores, na eventualidade de ocorrer um terremoto.

As chaves de transferência, os painéis de distribuição, os disjuntores e todos os sistemas de controle utilizados em aplicações criticas[3] devem ser capazes e executar as tarefas para as quais foram projetados durante e após a ocorrência do abalo sísmico (de magnitude para a qual estes sistemas foram projetados), e, portanto, podem ser necessários projetos e procedimentos específicos para a montagem dos componentes mecânicos e para as instalações elétricas.

Alívio de tensões nos cabeamentos de potência e controle

O cabeamento de potência e, principalmente, o cabeamento do sistema de controle devem ser fixadas e sustentdas pela estrutura do grupo gerador ou pelo painel de controle, e não pelos terminais ou terminações das conexões físicas. Os dispositivos para o alívio das tensões mecânicas, juntamente com o uso de um cabeamento flexível para o sistema de controle ao invés de um cabeamento rígida, ajudam a evitar falhas no cabeamento ou nas conexões, como resultado de vibrações. Consulte o ítem "Conexões Elétricas", no capítulo *"Projeto Elétrico"*.

3) NOTA SOBRE A NORMA AMERICANA: A NFPA110 requer estas características para os sistemas Nível 1 e Nível 2.

Sistema de escape

Diretrizes gerais do sistema de escape

A função do sistema de escape é conduzir com segurança os gases de escape do motor para fora do edifício e dispersar a fumaça, a fuligem e isolar o ruído do escape de pessoas e de outros edifícios. O sistema de escape deve ser projetado para minimizar o efeito de contrapressão no escape do motor. Uma tubulação que restrinja de maneira excessiva o escape do motor poderá fazer com que haja um aumento no consumo de combustível, poderá fazer com que haja um aumento anormal da temperatura dos gases de escape e falhas decorrentes desta elevação anormal de temperatura, e na produção excessiva de fuligem (fumaça preta).

Veja as **Figuras 6-5 e 6-6**. O projeto do sistema de escape deverá levar em consideração os seguintes fatores:

- A tubulação de escape pode ser fabricada com tubo de aço carbono, “Schedule 40”. Outros materiais aceitáveis incluem sistemas de escape pré-fabricados de aço inoxidável.

Nota: No texto original, em inglês, a tubulação em ferro fundido é denominada “black iron”. Este nome se refere ao processo de acabamento das peças de ferro fundido, que são resfriadas em óleo após a fundição, dando-lhes uma camada protetora de côr enegrecida.

O termo “Schedule 40” se refere à classificação para tubos de ferro segundo a norma ANSI. Esta classificação define os valôres para diâmetros externos, diâmetros internos, espessuras das paredes, número de fios por rosca para conexões, etc.

- Deve ser conectada uma (ou mais) tubulação flexível de escape feita em aço inoxidável, corrugada, sem costura, com pelo menos 610 mm (24 pol.) de comprimento, deve ser conectada na(s) saída(s) de escape do motor para permitir a expansão térmica e o movimento e vibração do grupo gerador sempre que este for instalado sobre isoladores de vibração. Os grupos geradores de menor porte, com isolamento de vibração integrado e parafusados diretamente numa base sobre o solo, devem ser conectados por tubulações flexíveis de escape de aço inoxidável, corrugado, sem costura, com pelo menos 457 mm (18 pol.) de comprimento. Esta tubulação flexível de escape não deve ser usada para formar dobras ou para compensar um eventual alinhamento incorreto da tubulação de escape.
- Os grupos geradores podem ser fornecidos com conexões de escape dos tipos: com rosca, deslizante ou com flange. As conexões com rosca ou com flanges são menos sujeitas a vazamentos, entretanto, o seu custo de instalação é maior.

CONSIDERAÇÕES DO PROJETO DE INSTALAÇÃO DO ESCAPE
INSTALE O SILENCIOSO PRÓXIMO DO MOTOR
DRENO DE CONDENSAÇÃO
VÁLVULA DE DRENO
INCLINAÇÃO PARA BAIXO DO ESCAPAMENTO SAINDO DO MOTOR
PREVISTO PARA EXPANSÃO TÉRMICA

Figura 6-5. Características típicas de um sistema de escape para um gerador instalado dentro de um edifício.

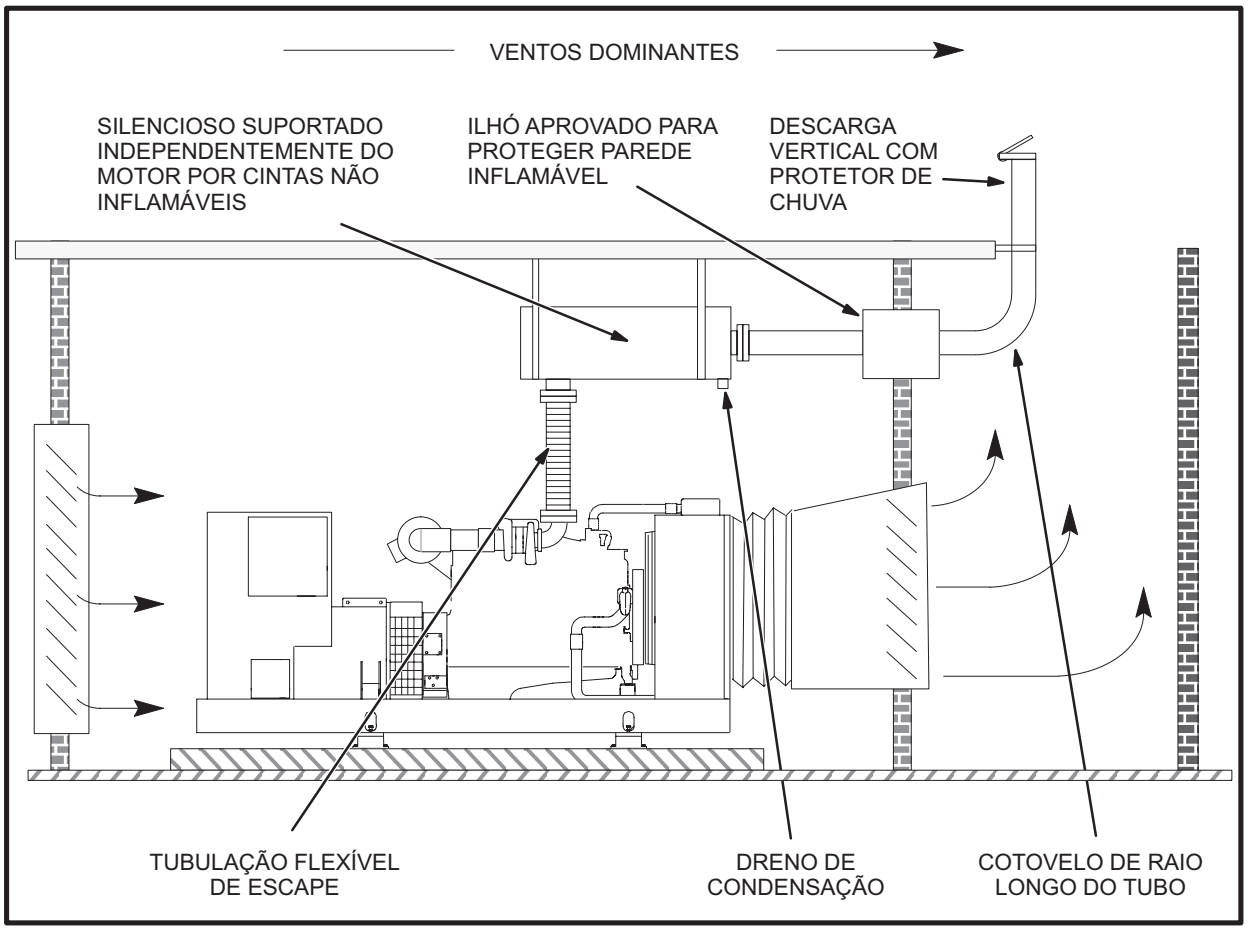

VENTOS DOMINANTES
SILENCIOSO SUPORTADO INDEPENDENTEMENTE DO MOTOR POR CINTAS NÃO INFLAMÁVEIS
ILHÓ APROVADO PARA PROTEGER PAREDE INFLAMÁVEL
DESCARGA VERTICAL COM PROTETOR DE CHUVA
TUBULAÇÃO FLEXÍVEL DE ESCAPE
DRENO DE CONDENSAÇÃO
COTOVELO DE RAIO LONGO DO TUBO

Figura 6-6: Típico sistema de escape.

- Os atenuadores de ruídos (silenciosos) e a tubulação de escape devem ser suspensos utilizando-se sistemas de ganchos ou suportes (isolados e não-inflamáveis), e, NÃO devem se apoiar na saída de escape do motor. A aplicação de peso na saída de escape do motor pode causar danos ao coletor de escape do motor ou reduzir a vida do turbocompressor (quando utilizado), e pode fazer com que a vibração do grupo gerador seja transmitida à estrutura da edificação. O uso de estruturas de suporte equipadas com isoladores limita ainda mais a indução da vibrações na estrutura do edifício.
- Para reduzir a corrosão devida à condensação da umidade contida nos gases de escape, o atenuador de ruídos (silencioso) deve ser instalado tão próximo quanto possível do motor para que o atenuador aqueça rapidamente. A localização do atenuador de ruídos (silencioso) próximo ao motor também melhora a sua capacidade de atenuação sonora. Os raios de curvatura das tubulações devem ser os maiores possíveis.
- O diâmetro do tubo de escape, ao longo de todo o sistema de escape, deve ter o mesmo diâmetro nominal que a saída de escape do motor (ou mais). Deve-se assegurar que toda a tubulação de escape tenha um diâmetro suficiente para limitar a contrapressão de escape ao valor máximo da classificação para o motor utilizado. (Motores de diferentes capacidades possuem escapes de tamanhos diferentes e limitações de contrapressão diferentes[4]). Nunca se deve utilizar uma tubulação de diâmetro inferior ao diâmetro da saída de escape do motor. Uma tubulação com diâmetro maior que o necessário estará mais sujeita à corrosão devida à condensação da umidade dos gases de escapamento do que uma tubulação mais estreita. Tubos excessivamente largos também reduzem a velocidade de escape dos gases e sua dispersão na atmosfera.

4) As dimensões do sistema de escape e outros dados sobre o sistema de escapamento para grupos geradores específicos são descritos no Cummins Power Suite ou podem ser fornecidos por um distribuidor autorizado Cummins.

- Todos os componentes do sistema de escape do motor devem incluir barreiras para evitar o contato acidental. A tubulação de escape e os atenuadores de ruídos (silenciosos) devem ser isolados termicamente para evitar queimaduras causadas por contato acidental, evitar o acionamento de dispositivos de detecção de incêndio e dos "sprinklers", reduzir a corrosão devida à condensação da umidade nos gases de escapamento e reduzir a quantidade de calor irradiado para a sala do gerador. As juntas de expansão, os coletores de escape do motor e as carcaças de turbocompressores nunca devem ser isolados, a menos que tenham um sistema de arrefecimento por água. O isolamento térmico de coletores de escape e de turbocompressores pode resultar em um aumento excessivo das temperaturas e que pode destruir estes componentes, em especial em aplicações nas quais o motor funcione durante um grande número de horas. A instalação de uma tubulação de escape a, pelo menos, 2,3 metros (8 pés) acima do solo também ajuda a evitar o contato acidental com o sistema de escape.

Figura 6-7. Características do sistema de escape de um grupo gerador. São mostrados: O atenuador de ruídos ("silencioso") com dupla entrada, conectores flexíveis, ilhós da tubulação de escape e "ganchos" de fixação.

- A tubulação de escape deve ser instalada a, pelo menos, 230 mm (9 pol.) de distancia de estruturas inflamáveis. Em aplicações nas quais a tubulação de escape deve passar através de paredes ou tetos inflamáveis, use ilhóses aprovados para este uso **(Figuras 6-7 e 6-8)**.
- A direção da saída do sistema de escape também deve ser avaliada com atenção. O escape nunca deve ser direcionado para o teto de um edifício ou superfícies inflamáveis. Os gases de escape de um motor diesel são quentes, e contém fuligem e outros contaminantes que podem aderir às superfícies ao redor.
- Posicione a saída dos gases de escape e direcione-a para longe das entradas de ar para ventilação.
- Caso o ruído causado pelo escape seja um problema, direcione a saída dos gases de escape para longe dos locais onde possam causar mais inconvenientes.
- O tubo para os gases de escape (caso seja feito de aço) dilata-se cerca de 1,14 mm para cada metro de tubo e para cada diferença de 100°C da temperatura dos gases de escape em relação à temperatura ambiente (ou seja, 0,0076 polegadas por pé de tubo para cada aumento de 100°F). É necessário utilizar juntas de expansão na tubulação de escape para absorver as dilatações e contrações ao longo dos tubos. As juntas de expansão devem ser instaladas em cada um dos pontos nos quais a tubulação de escape muda de direção. As tubulações do sistema de escape devem ser fixadas de modo que as dilatações, e as forças resultantes destas dilatações, sejam direcionadas para longe do grupo gerador. Os valores das temperaturas dos gases de escape são fornecidas pelo fabricante do motor, ou pelo fabricante do grupo gerador, conforme o motor específico utilizado[5].
- As saídas horizontais da tubulação de escape devem ser inclinadas para baixo, para longe do motor ou para um coletor de condensação. Isso evita que a umidade condensada retorne para o escapamento do motor.
- Um coletor de condensação e um bujão devem ser instalados nos pontos nos quais a tubulação eleva-se verticalmente. Os coletores de condensação também podem ser instalados em conjunto com os atenuadores de ruídos ("silencioso"). Os procedimentos de manutenção para o grupo gerador devem incluir a drenagem periódica da condensação retida no sistema de escape.

5) Os dados e informações técnicas sobre os gases de escape para os produtos Cummins Power Generation estão disponíveis no CD do Power Suite ou podem ser fornecidos por um distribuidor autorizado Cummins.

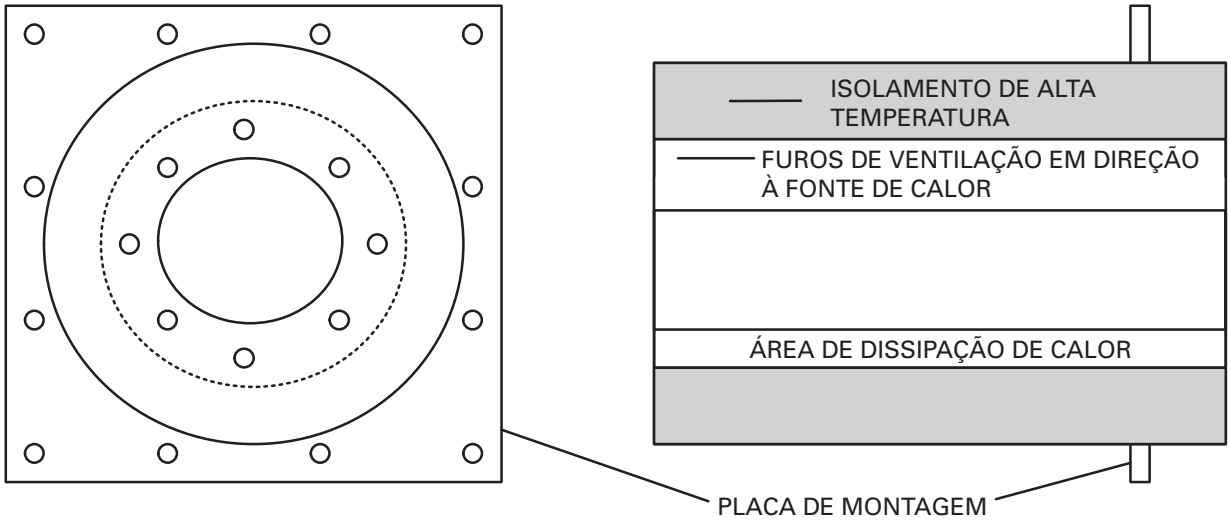

ISOLAMENTO DE ALTA TEMPERATURA
FUROS DE VENTILAÇÃO EM DIREÇÃO À FONTE DE CALOR
ÁREA DE DISSIPAÇÃO DE CALOR
PLACA DE MONTAGEM

Figura 6-8. Construção típica de ilhó para instalações em paredes de materiais inflamáveis.

- A tubulação do sistema de escape deve ser dotada de recursos para evitar a entrada de água da chuva no sistema de escape de gases de um motor que não esteja em funcionamento. Isto pode incluir o uso de tampas ou proteções nas saídas verticais do sistema de escape (veja as **Figuras 6-9 e 6-10**). Os tubos das saídas horizontais do sistema de escape devem ser cortados em ângulo e protegidos com redes metálicas. Em ambientes frios as tampas podem congelar e serem obstruídas, impedindo o funcionamento do motor, portanto, outros dispositivos de proteção podem ser melhores opções nestas situações.
- O escape de um grupo gerador não deve ser conectado à qualquer outro sistema de exaustão que esteja sendo utilizado por outro equipamento, mesmo que sejam outros grupos geradores. Fuligem, condensados corrosivos, e gases de exaustão à altas temperaturas podem danificar equipamentos que estejam desligados e conectados ao mesmo sistema de exaustão.
- A contrapressão através do sistema de escape não deve exceder à contrapressão permitida e especificada pelo fabricante do motor[6]. A contrapressão excessiva através do escape reduz a potência e a vida útil do motor, e pode resultar numa elevação excessiva das temperaturas dos gases de escape e na produção excessiva de fumaça. A contrapressão do escape do motor deve ser avaliada antes que se finalize a montagem dos componentes do sistema de escape, e, deve ser medida na saída do escape do motor funcionando com carga plena antes que o grupo gerador seja definitivamente colocado em serviço.
- Consulte o ítem "Desempenho do Silencioso do Escape", mais adiante nesta seção, para informações sobre os silenciosos de escape e os vários critérios de seleção para estes dispositivos.

ADVERTÊNCIA: *Os gases de escape do motor contém fuligem e monóxido de carbono, um gás invisível, inodoro e tóxico. O sistema de escape deve terminar na parte externa do edifício, em um local onde os gases de escape do motor sejam dispersados para longe de edifícios e de entradas de ar. É altamente recomendável que o sistema de escape seja dirigido para cima, tão alto quanto possível, em local que esteja posicionado à favor dos ventos dominantes para que a dispersão dos gases de escape seja maximizada. Os gases de escape também devem ser conduzidos (por meio de sua tubulação) para o lado da descarga de ar do radiador para reduzir a possibilidade desses gases retornarem ao recinto do grupo gerador por meio do sistema de ventilação do ar.*

NOTA: *Algumas normas técnicas especificam que a saída dos gases de escape termine a uma distância de, pelo menos, 3 metros (10 pés) do limite da propriedade, 1 metro (3 pés) da parede externa ou do teto, 3 metros (10 pés) de aberturas no edifício e, pelo menos, 3 metros (10 pés) acima de terrenos inclinados contíguos.*

6) As informações técnicas sobre contrapressão do escape para grupos geradores da Cummins Power Generation podem ser encontradas no Cummins Power Suite, ou podem ser obtidas junto a um distribuidor autorizado Cummins.

Figura 6-9. Um sistema de escape simples, equipado com proteção para impedir que a água da chuva entre na tubulação de escape.

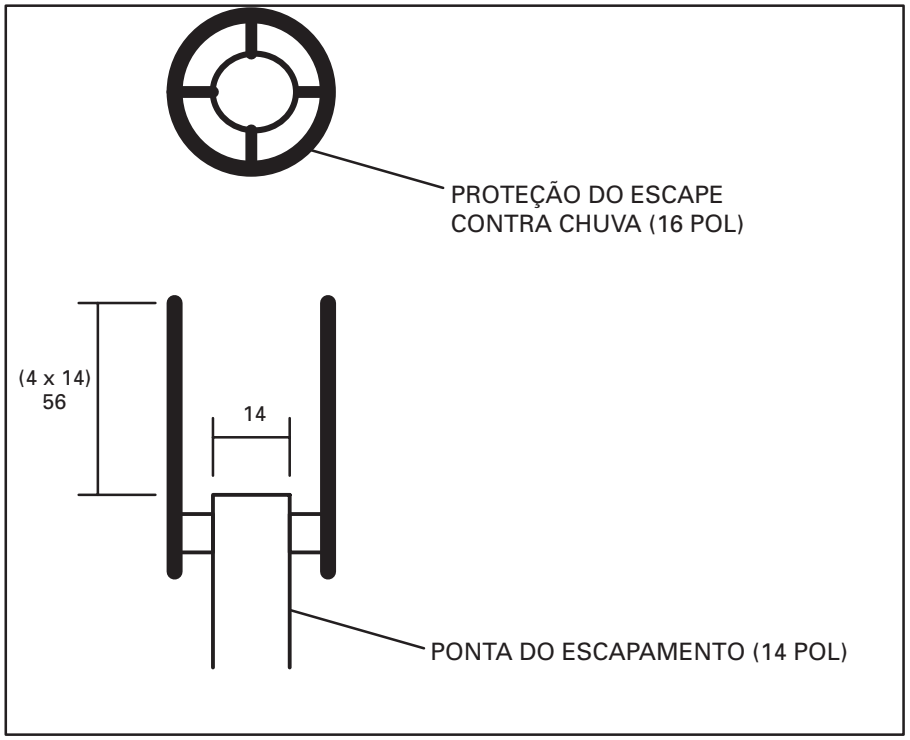


Figura 6-10. Proteção contra água da chuva para a saída vertical da tubulação de escape de um grupo gerador. As dimensões mostradas são para uma tubulação típica escape, com diâmetro de 14 polegadas.

Cálculos do sistema de escape

Exemplo de cálculo da contrapressão do escape

O projeto (layout) de um sistema comum de escape, apresentado na **Figura 6-11,** utiliza um tubo flexível com diâmetro de 125mm (5 pol.) por 610 mm (24 pol.) de comprimento conectado à saída de escape do motor, um atenuador de ruídos (silencioso) de "grau crítico" com um diâmetro de entrada de 150 mm (6 pol.), um tubo de comprimento 6,10 m (20 pés) e diâmetro de 150 mm (6 pol.), e um cotovelo com raio longo de 150 mm (6 pol.). A "Folha de Especificações" para o grupo gerador informa que o fluxo do gás de escape do motor é de 76,9 m³/min [2,715 cfm (pés³/min)], e que a contrapressão máxima permitida para o sistema de escape do motor equivale à 1040 mm (41 pol.) de coluna de água.

Este exemplo apresenta o cálculo do valor da contrapressão de escape causada por cada um dos componentes (tubos flexíveis, silenciosos, cotovelos e tubulações) e a comparação da contrapressão total com a contrapressão máxima permitida para o grupo gerador.

1. Calculo da contrapressão de escape causada pelo silencioso. A **Figura 6-12** apresenta um gráfico típico da contrapressão do silencioso. Para cálculos mais precisos os dados podem ser obtidos com o fabricante do silencioso. Caso o cáculo seja feito com base no gráfico da **Figura 6-12:**

   a) Calcule a área da seção transversal da entrada do silencioso utilizando a **Tabela 6-1** (0,1963 pés², neste exemplo).

   b) Obtenha a taxa de fluxo do gás de escape com o fabricante do motor[7]. Para este exemplo este valor é de 2715 cfm.

   c) Calcule a velocidade do gás de escape em pés por minuto (fpm) dividindo o fluxo do gás de escape (cfm) pela área da entrada do silencioso, como segue:

$$\text{Velocidade do Gás} = \frac{2715\ \text{cfm}}{0.1963\ \text{pés}^2} = 13{,}831\ \text{fpm}$$

   d) Utilizando a **Figura 6-12**, calcule a contrapressão causada por este fluxo gás de escape através do silencioso utilizado.

   Neste exemplo, as linhas tracejadas no gráfico da **Figura 6-12** mostram que um silencioso do tipo "grau crítico" causará uma contrapressão de aproximadamente 21,5 polegadas de coluna de água.

2. Calcule os comprimentos equivalentes de todas as conexões e as seções dos tubos flexíveis utilizando a **Tabela 6-2**.

a) Tubo flexível de 24 pol.	4 pés (compr.)
b) Cotovelo com raio de 6 pol.	11 pés (compr.)
c) Tubo de 6 pol.	20 pés (compr.)

3. Calcule a contrapressão do fluxo de escape por unidade de comprimento do tubo para cada diâmetro nominal de tubo utilizado no sistema. Neste exemplo são utilizados tubos com diâmetro nominal de 5 e 6 polegadas. Seguindo as linhas tracejadas na **Figura 6-13**, o tubo de 5 pol. causa uma contrapressão de aproximadamente **0,34** polegadas de coluna de água para cada "pé" (12 polegadas) de comprimento do tubo. O tubo de 6 pol. causa uma contrapressão de aproximadamentede **0,138** polegadas de coluna de água (C.A.) para cada "pé" (12 polegadas) de comprimento do tubo.

4. Some o total dos valores das contrapressões de todos os elementos do exemplo, como segue:

a) Tubo flexível de 5 pol. (4 • 0,34):	1,4
b) Cotovelo de raio longo (11 • 0,138):	1,5
c) 20 pés de tubo de 6 pol. (20 • 0,138):	2,8
d) Silencioso:	21,5
Restrição total (polegadas de C.A.):	27,2

O cálculo indica que o projeto da tubulação é adequado em termos de contrapressão de escape gerada, dado que a soma dos valores das contrapressões é menor que a contrapressão máxima permitida de 41 polegadas de coluna de água (C.A.).

NOTA: *Em motores com duplo escape, o fluxo de escape apresentado nas "Folhas de Especificação" para o grupo gerador da Cummins Power Generation corresponde ao fluxo total de ambas saídas de escape. O valor apresentado nas "Folhas de Especificação" deve ser dividido por 2 para o cálculo correto de um sistema de escape duplo.*

7) Os dados técnicos sobre o gás de escape para os produtos da Cummins Power Generation encontram-se no Cummins Power Suite.

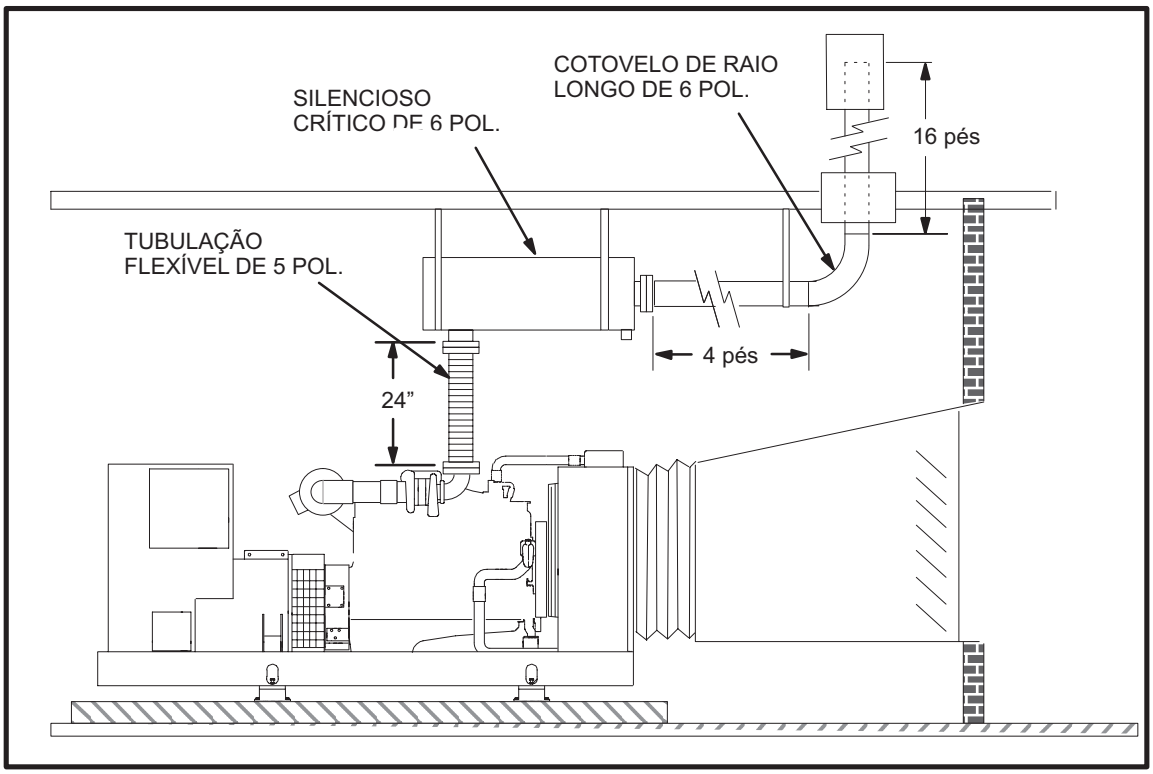


Figura 6-11. Sistema de escape utilizado como exemplo para o cálculo.

DIÂMETRO DA ENTRADA DO SILENCIOSO (POL.)	ÁREA DA ENTRADA DO SILENCIOSO (PÉS²)	DIÂMETRO DA ENTRADA DO SILENCIOSO (POLEGADAS)	ÁREA DA ENTRADA DO SILENCIOSO (PÉS²)
2	0,0218	8	0,3491
2,5	0,0341	10	0,5454
3	0,0491	12	0,7854
3,5	0,0668	14	1,069
4	0,0873	16	1,396
5	0,1363	18	1,767
6	0,1963		

Tabela 6-1. Áreas das seções em corte transversal para aberturas de vários diâmetros.

TIPO DA CONEXÃO	DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO EM POLEGADAS (MILÍMETROS)												
	2 (50)	2 1/2 (65)	3 (80)	3,5 (90)	4 (100)	5 (125)	6 (150)	8 (200)	10 (250)	12 (300)	14 (350)	16 (400)	18 (450)
Cotovelo padrão de 90°	5,2 (1,6)	6,2 (1,9)	7,7 (2,3)	9,6 (2,9)	10 (3,0)	13 (4,0)	15 (4,6)	21 (6,4)	26 (7,9)	32 (9,8)	37 (11,3)	42 (12,8)	47 (14,3)
Cotovelo com raio médio de 90°	4,6 (1,4)	5,4 (1,6)	6,8 (2,1)	8 (2,4)	9 (2,7)	11 (3,4)	13 (4,0)	18 (5,5)	22 (6,7)	26 (7,9)	32 (9,8)	35 (10,7)	40 (12,2)
Cotovelo com raio longo de 90°	3,5 (1,1)	4,2 (1,3)	5,2 (1,6)	6 (1,8)	6,8 (2,1)	8,5 (2,6)	10 (3,0)	14 (4,3)	17 (5,2)	20 (6,1)	24 (7,3)	26 (7,9)	31 (9,4)
Cotovelo de 45°	2,4 (0,7)	2,9 (0,9)	3,6 (1,1)	4,2 (1,3)	4,7 (1,4)	5,9 (1,8)	7,1 (2,2)	6 (1,8)	8 (2,4)	9 (2,7)	17 (5,2)	19 (5,8)	22 (6,7)
"T", lado da entrada ou saída	10 (3,0)	12 (3,7)	16 (4,9)	18 (5,5)	20 (6,1)	25 (7,6)	31 (9,4)	44 (13)	56 (17)	67 (20)	78 (23,8)	89 (27,1)	110 (33,5)
Tubo flexível de 18 polegadas	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)
Tubo flexível de 24 polegadas	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)

Tabela 6-2. Equivalência de comprimentos para conexões de tubos (pés/metros).

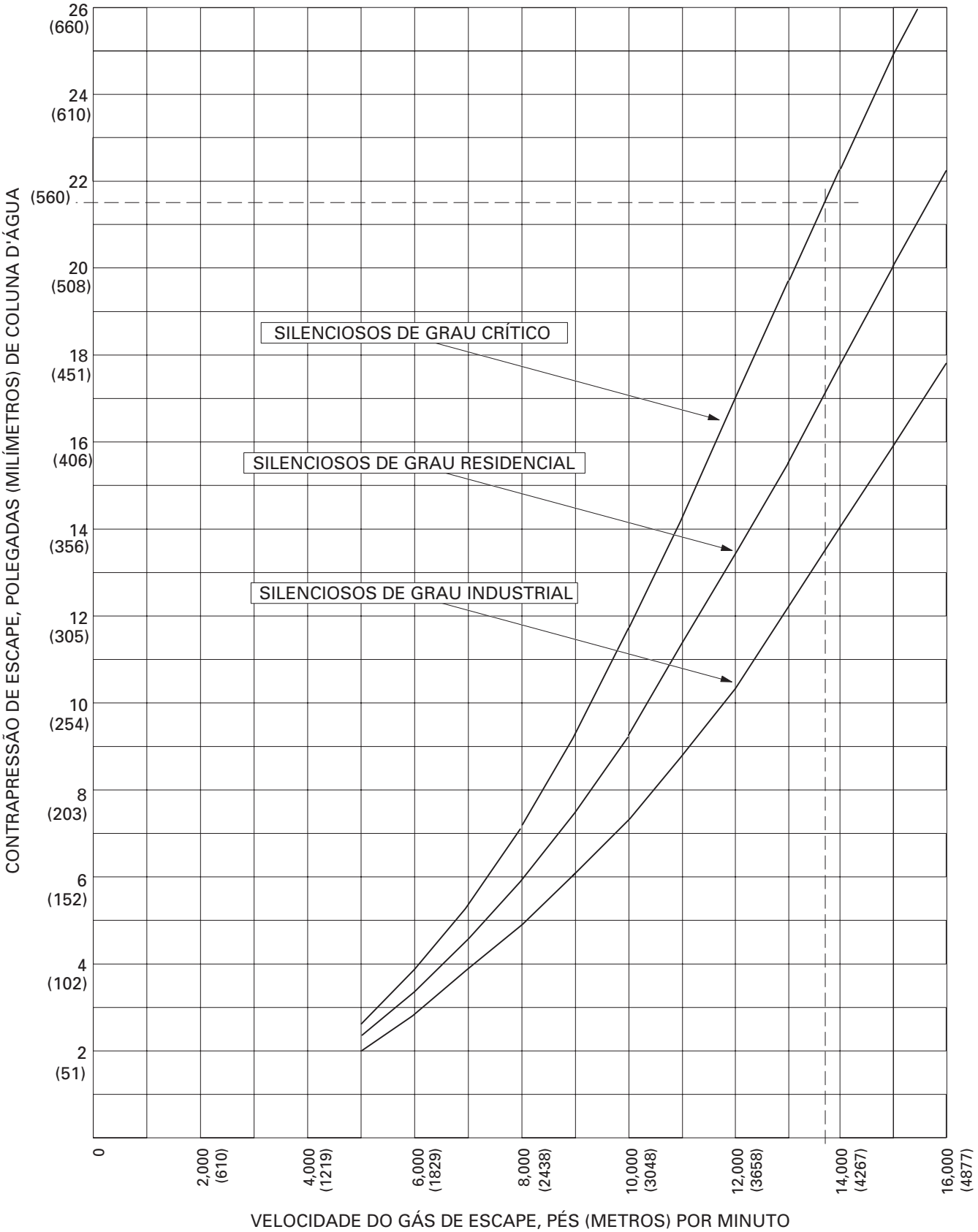


Figura 6-12. Valores típicos para a contrapressão no silencioso em função da velocidade dos geses de escape.

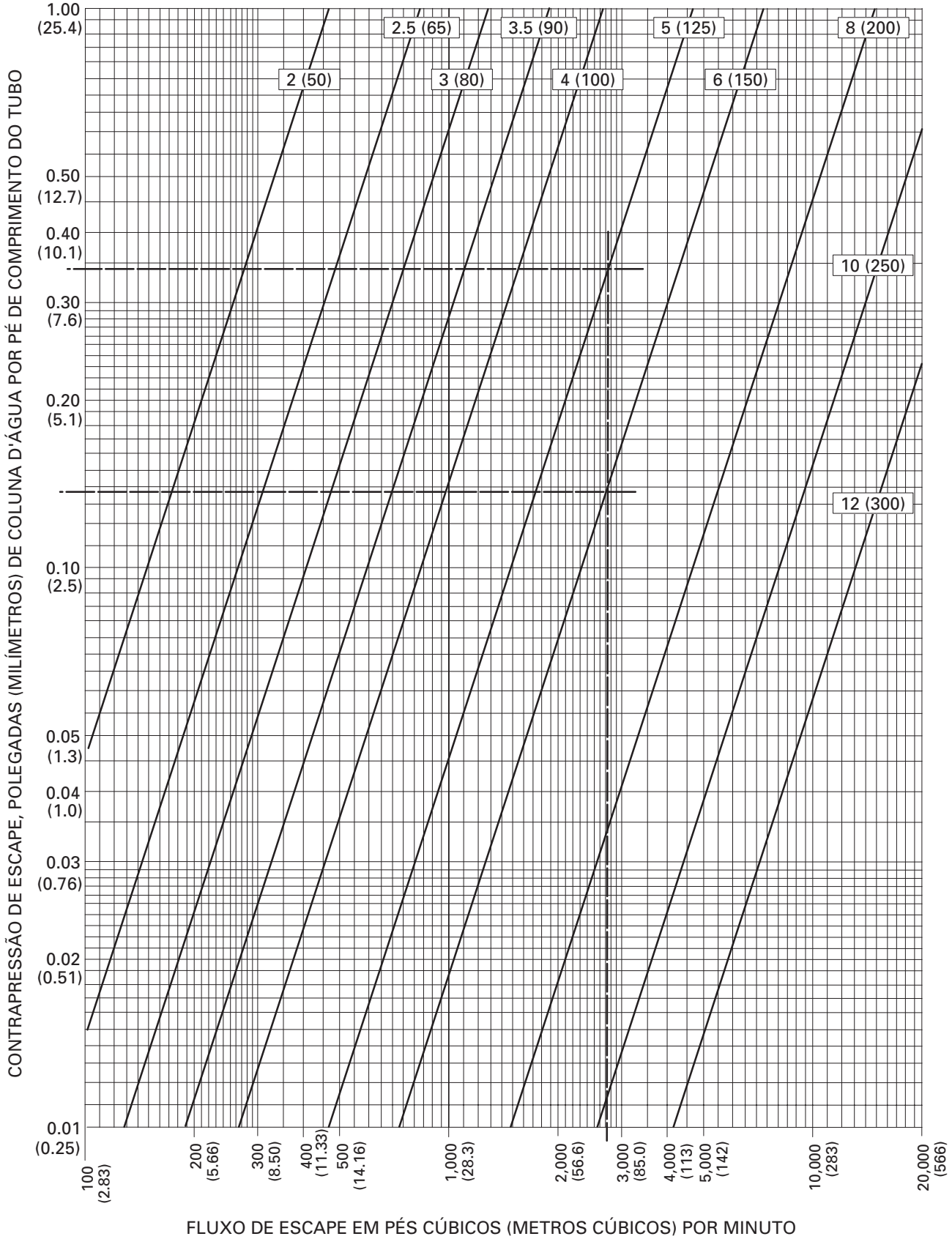


Figura 6-13. Contrapressão em função dos diâmetros dos tubos de escape
(valores nominais em polegadas e metros)

Arrefecimento do motor

Os motores refrigerados a líquido são arrefecidos pelo bombeamento de uma mistura de líquido de arrefecimento através de passagens pelo interior do bloco de cilindros e pelo(s) cabeçote(s) do motor. O líquido de arrefecimento é bombeado por uma bomba acionada pelo motor. A configuração mais comum de grupo gerador é equipado com um radiador e um ventilador acionado pelo motor para resfriar o líquido de arrefecimento e ventilar a sala do gerador. Métodos alternativos para resfriar o líquido de arrefecimento podem incluir dispositivos como trocadores de calor líquido-líquido montados no chassi do equipamento (*"skid"*), radiadores remotos, trocadores de calor remoto líquido-líquido, ou torres de arrefecimento.

Requisitos

Todos os sistemas

- Misturas de etileno ou propileno-glicol e água de "alta qualidade" devem ser usadas para um arrefecimento apropriado e proteção contra congelamento ou aquecimento. (Veja o ítem "*Líquido de Arrefecimento*", neste capítulo);
- Aquecedores para o líquido de arrefecimento devem ser instalados em aplicações do tipo "emergência" ou "standby" para assegurar uma boa partida do motor (estes aquecedores são opcionais em locais de clima tropical, a menos que exigido pelas normas locais). (Veja o ítem "*Aquecedores do Líquido de Arrefecimento*", neste capítulo);
- Não devem haver curvas no trajeto da mangueira do aquecedor do líquido de arrefecimento, e, a mangueira deve seguir contínuamente para cima. (Veja o ítem "*Aquecedores do Líquido de Arrefecimento*", neste capítulo);
- As conexões do aquecedor do líquido de arrefecimento devem ser feitas usando-se mangueiras de silicone de alta qualidade ou mangueiras com reforço de malha trançada. (Veja o ítem "*Aquecedores de Líquido de Arrefecimento*", neste capítulo);
- O aquecedor do líquido de arrefecimento deve ser desligado durante os períodos nos quais o grupo gerador estiver em funcionamento. (Veja o ítem "*Aquecedores de Líquido de Arrefecimento*", neste capítulo);
- O sistema de arrefecimento deve ser projetado e dimensionado para se adequar à altitude do local da instalação e à sua temperatura ambiente. (Veja o ítem "*Altitude e Temperatura Ambiente*", neste capítulo);
- O radiador e outros equipamentos "sensíveis" devem ser protegidos da sujeira e de detritos. (Veja o ítem "*Obstruções no Sistema de Arrefecimento*", neste capítulo);
- As válvulas devem receber algum tipo de "identificação visual" para indicar de forma clara quando estão "abertas" ou "fechadas". (Veja o ítem "*Manutenção*", neste capítulo);
- O projeto de instalação deve proporcionar àreas e locais de acesso para limpeza e manutenção de todo o equipamento. (Veja o ítem "*Manutenção*", neste capítulo);
- Para aplicações móveis em ambientes externos, deve-se prestar especial atenção à durabilidade e robustez do equipamento. (Veja o ítem "Aplicações Móveis em Ambientes Externos", neste capítulo).

Todas as instalações de trocadores de calor

- A instalação e dimensionamento do trocador de calor deve atender às especificações para o valor nominal para o fluxo de água (água para aplicações industriais), e aos limites de pressão e temperatura especificados na "Folha de Dados Técnicos" do grupo gerador.
- A água (água para aplicações industriais) utilizada nos trocadores de calor deve ser protegida contra o congelamento em locais onde a temperatura ambiente possa cair abaixo da temperatura de congelamento da água.
- As legislação e regulamentos locais sobre o uso da água para fins industriais devem ser consultados antes de se projetar ou instalar um sistema que utilize e/ou descarte a água fornecida pelo serviço municipal de fornecimento de água, por um rio, ou qualquer outra fonte pública de água.
- A instalação dos trocadores de calor deve ter um sistema de ventilação dimensionado para os grupos geradores.

  Nota: *No texto original em inglês foi utilizado o termo "raw water", traduzido aqui por "água para aplicações industriais". Este termo faz referência à água com um grau de pureza suficiente para atender às necessidades de um processo industrial, todavia, não necessariamente com um grau de pureza equivalente ao da água potável fornecida pelos serviços municipais para consumo humano.*

8) Requisitos para a ventilação e a desaeração de motores Cummins específicos são encontrados nos documentos Cummins AEB. Consulte um distribuidor Cummins para maiores informações.

Todas as instalações dos sistemas de arrefecimento não-fornecidas pelo fabricante do grupo gerador

- Quando o radiador da "jaqueta de água" e o radiador de pós-arrefecimento de baixa temperatura compartilham um único ventilador, eles são montados com suas respectivas partes traseiras voltadas uma para a outra, e, o radiador LTA ("*Low Temperature Aftercooler*" ou "*Pós-Arrefecimento de Baixa Temperatura*") é posicionado de modo que o fluxo de ar mais frio passe primeiro nesse radiador. (Veja o ítem "*Tipos de Sistemas de Arrefecimento*", neste capítulo);
- Os sistemas do tipo 2P2L ("*two-pump two-loop*", ou, "*duas bombas e dois circuitos*") devem ser equipados com uma válvula termostática de desvio e um circuito de desvio ("*atalho*") para regular a temperatura do coletor de admissão da tubulação. (Veja o ítem "*Tipos de Sistemas de Arrefecimento*", neste capítulo);
- Instalações refrigeradas à distância (ou seja, nas quais o sistema de arrefecimento é instalado distante do gerador) devem ser equipadas com um sistema de ventilação, suficientemente dimensionado, dentro do recinto do grupo gerador. (Veja o ítem "*Sistemas de Arrefecimento Não-Fornecidos pelo Fabricante*", neste capítulo);
- O sistema de arrefecimento deve ser projetado para:
  - Limitar a temperatura de saída do líquido de arrefecimento do motor para o valor da "Temperatura Máxima do Tanque Superior". Este valor é especificado na "Folha de Dados Técnicos" do grupo gerador. (Veja o ítem "*Requisitos gerais para todos os Sistemas de Arrefecimento não-fornecidos pelo Fabricante*", neste capítulo);
  - A bomba do líquido de arrefecimento do motor deve sempre manter uma pressão positiva. O valor desta pressão jamais deve ser negativo pois, neste caso, o líquido de arrefecimento do motor retornaria para a bomba, o que poderia levar ao efeito de cavitação e causar danos ao sistema. (Veja o ítem "*Requisitos gerais para todos os Sistemas de Arrefecimento não-fornecidos pelo Fabricante*", neste capítulo);
  - Manter os valores de pressão ("*static head*" e "*friction head*") do líquido de arrefecimento do motor dentro dos limites especificados para o equipamento. (Veja o ítem "*Conexões e Tubulações do Sistema*", neste capítulo).
- Os sistemas do tipo LTA ("*Low Temperature Aftercooler*" ou "*Pós-Arrefecimento de Baixa Temperatura*") devem satisfazer aos requisitos para os circuitos de pós-arrefecimento especificados na "Folha de Dados Técnicos" do grupo gerador. (Veja o ítem "*Requisitos gerais para todos os Sistemas de Arrefecimento não-fornecidos pelo Fabricante*", neste capítulo);
- A potência consumida pelos acessórios do sistema de arrefecimento deve ser calculada somando-se o consumo do ventilador remoto do radiador, ventiladores de aeração, bombas de arrefecimento e demais acessórios. Este valor deve ser incluído no valor total de consumo de carga pelo grupo gerador. (Veja o ítem "*Requisitos gerais para todos os Sistemas de Arrefecimento não-fornecidos pelo Fabricante*", neste capítulo);
- As linhas (circuitos e tubulações) de arrefecimento devem ser adequadamente projetadas utilizando-se tubulação de aço rígido ou tubos Schedule 40 (com exceção dos casos para os quais os requisitos para as conexões estão descritos em detalhe nos items abaixo). (Veja o ítem "*Conexões e Tubulações do Sistema*", neste capítulo);
- A tubulação de arrefecimento localizada na parte externa do motor deve ter diâmetro igual ou maior que os conetores de admissão e de saída do motor. (Veja o ítem "*Conexões e Tubulações do Sistema*", neste capítulo);
- As conexões e as tubulações de arrefecimento localizadas na parte externa do motor devem ser devidamente limpas antes de serem conectadas ao grupo gerador. (Veja o ítem "*Conexões e Tubulações do Sistema*", neste capítulo);
- O projeto do sistema de arrefecimento deve levar em consideração os efeitos de expansão e contração térmica das tubulações do circuito do líquido de arrefecimento do motor. (Veja o ítem "*Conexões e Tubulações do Sistema*", neste capítulo);
- As conexões do sistema de arrefecimento devem ser projetadas segundo os seguintes critérios (Veja o ítem "*Conexões e Tubulações do Sistema*", neste capítulo):
  - Devem ser adequadas para suportar as pressões e temperaturas de líquido de arrefecimento do motor.
  - Devem ser adequadas para resistir à vibração devida ao funcionamento e movimentação do motor durante o arranque e durante o desligamento.

Nota do tradutor: *Os termos "static head" e "friction head", do texto original em inglês, são oriundos das áreas de engenharia hidráulica e mecânica dos fluídos, e, estão relacionados ao estudo de fluídos incompressíveis.*

O termo "static head" corresponde ao valor máximo de pressão que uma bomba hidráulica pode produzir.

O termo "friction head" corresponde ao valor da perda de pressão provocada pela resisitência do circuito hidráulico à passagem do fluído.

- Sempre que forem utilizadas, as mangueiras de conexão devem obedecer às determinações da norma SAE J20R1, ou equivalente, e ser possuir uma classificação para pressão de ruptura de, pelo menos, 75 psi (518 kPa) e suportar temperaturas desde -40°F (-40°C) até 250°F (121°C). Uma capacidade de pressão de ruptura de 100 psi (691 kPa) é recomendada para aplicações onde se utilizem radiadores elevados ("*overhead radiators*"). (Veja o ítem "*Conexões e Tubulações do Sistema*", neste capítulo);
- A mangueira de conexão localizada no lado de sucção da bomba do líquido de arrefecimento do motor deve ser resistente a colapsos, ou seja, ela não deve se dobrar, contrair ou sofrer qualquer tipo de estrangulamento. As mangueiras SAE J20R1 atendem a essa exigência quando utilizadas em motores diesel para o movimento de cargas de grande magnitude. (Veja o ítem "*Conexões e Tubulações do Sistema*", neste capítulo);
- As conexões para as mangueiras para o líquido de arrefecimento devem ser fixadas com braçadeiras, e, utilizando parafusos T ou parafusos de torque constante. As braçadeiras de "aperto", que utilizam parafusos do tipo "rosca-sem-fim" não são adequadas. Caso seja utilizada uma tubulação rígida de aço, esta tubulação deve ser fixada por meio de "buchas" (seções de tubos cilíndricos que envolvam os tubos e sirvam como elementos de fixação). (Veja o ítem "*Conexões e Tubulações do Sistema*", neste capítulo);
- Após o sistema entrar em funcionamento, o circuito por onde circula o líquido de arrefecimento deve expulsar automáticamente todo o ar aprisionado dentro das tubulações e demais partes do circuito. Isso deve ocorrer em, no máximo, 25 minutos após o sistema ser acionado e o circuito preenchido pelo líquido de arrefecimento. Este expurgo do ar aprisionado deve poder ser checado visualmente. (Veja o ítem "*Requisitos para Desaeração do Tanque*", neste capítulo);
- O dispositivo de desaeração do tanque deve:
  (Veja o ítem "*Requisitos para Desaeração do Tanque*", neste capítulo).
  - Estar localizado no ponto mais elevado do sistema;
  - Ter capacidade equivalente a, pelo menos, 17% do volume total do líquido de arrefecimento do sistema (11% correspondendo à queda do nível de líquido de arrefecimento em seu reservatório, 6% correspondendo à capacidade expansão térmica do líquido).
- O dispositivo de desaeração do tanque deve ser equipado com:
  - Tampa de abastecimento e alívio de pressão;
  - Gargalo para abastecimento de líquido com diâmetro mínimo de abertura de 0,125 polegadas (3 mm), através de um dos lados do tanque. Este gargalo deve estar localizado o mais próximo possível do topo do tanque;
  - Chave de desligamento acionada sempre que o líquido de arrefecimento atingir o seu nível mínimo permitido (para os motores de 9 litros e superiores);
  - Linhas de ventilação conectadas ao tanque numa altura acima do nível normal do líquido de arrefecimento;
  - Um ponto de conexão dedicado para cada uma das linhas de ventilação. As linhas de ventilação não devem ser conectadas utilizando-se conexões T.
- A "jaqueta" de arrefecimento do motor e quaisquer pontos elevados da tubulação do sistema de arrefecimento devem possuir passagens de ventilação para o tanque de desaeração. (Veja o ítem "*Requisitos para Desaeração do Tanque*", neste capítulo);
- Os diagramas do projeto de instalação do grupo gerador devem ser consultados para se determinar a melhor localização para os ventiladores da "jaqueta" de arrefecimento e dimensões das conexões. (Veja o ítem "*Requisitos para Desaeração do Tanque*", neste capítulo);
- Linhas de ventilação devem manter um fluxo contínuo para o alto, em direção ao tanque de desaeração. Curvaturas e declives poderão causar o aprisionamento do ar em bolsões e, portanto, são inaceitáveis. As linhas de ventilação não devem ser "estranguladas" ou comprimidas em nenhum trecho ao longo do seu caminho. (Veja o ítem "*Requisitos para Desaeração do Tanque*", neste capítulo);
- Caso sejam utilizadas válvulas de ventilação que permitem a ventilação para a atmosfera, a capacidade correspondente à queda do nível do líquido de arrefecimento deverá ser aumentada de 11% para 14% (portanto, a capacidade total do tanque deverá aumentar de 17% para 20%). (Veja o ítem "*Requisitos para Desaeração do Tanque*", neste capítulo);
- O sistema de desaeração deve ter capacidade para um enchimento inicial de, pelo menos, 90% da capacidade com uma taxa mínima de 5 gpm (20 litros/min), então, posteriormente, esta capacidade deve ser elevada para 100%.(Veja o ítem "*Requisitos para Desaeração do Tanque*", neste capítulo);

- O sistema deve ser equipado com uma linha de enchimento com as seguintes características:
  (Veja o ítem "*Requisitos para Desaeração do Tanque*", neste capítulo).
  - A linha deve ser direcionada para a parte de baixo do tanque de desaeração diretamente para a seção da tubulação de admissão da bomba de arrefecimento do motor.
  - A linha deve fazer um percurso contínuo, sempre em direção ascendente, desde o tubo de admissão do motor até o tanque de desaeração.
  - Nenhuma outra linha deve ser conectada à linha de preenchimento.
- Cada grupo gerador deve ter seu próprio sistema de arrefecimento, completo e dedicado exclusivamente ao equipamento. Não devem ser conectados múltiplos grupos geradores a um único sistema de arrefecimento. (Veja o ítem "*Interconexão de Sistemas de Arrefecimento*", neste capítulo).

Recomendações

Todos os tipos de instalações de "trocadores de calor"

- Deve ser dada especial atenção para os materiais dos quais são feitos os tubos e chapas do trocador de calor em função da qualidade da água utilizada no sistema de arrefecimento (água de uso industrial, não necessáriamente água potável"). (Veja o ítem "*Trocador de Calor Montado no Grupo Gerador*", neste capítulo).

Todas os tipos de instalações para os sistemas de arrefecimento não fornecidos pelo fabricante do grupo gerador.

- O pós-arrefecimento do tipo ar-ar (em inglês, *air-to-air aftercooling* - ATA) ou os sistemas do tipo uma bomba e dois circuitos (em inglês, 1P2L, "*one-pump two-loops*") não devem ser utilizados em aplicações de arrefecimento remotas. (Veja o ítem "*Tipos de Sistemas de Arrefecimento*", neste capítulo);
- O projeto do sistema de arrefecimento deve ter um pequeno superdimensionamento equivalente a 115% da sua capacidade necessária como medida preventiva contra a degradação natural (envelhecimento) do sistema. Quando o sistema de arrefecimento for limpo de acordo com os métodos e com a frequência recomendados pelo fabricante, ele sempre deve ser capaz de atingir 100% da sua capacidade nominal de operação. Isto é especialmente importante para grupos geradores instalados em ambientes sujos e empoeirados. (Veja o ítem "*Sistemas de Arrefecimento Não-Fornecidos pelo Fabricante*", neste capítulo);
- O tanque de desaeração deve ser equipado com um visor de nível (uma janela de vidro transparente, podendo ter marcas de graduação) que permita determinar o nível do líquido de arrefecimento do sistema. (Veja o ítem "*Requisitos do Tanque de Desaeração*", neste capítulo);
- Para os casos nos quais as dimensões dos tubos das linhas de ventilação não forem especificados no desenhos ou diagramas técnicos para a instalação do grupo gerador, é recomendável utilizar mangueiras #4 (com diâmetro interno de 0,25" - 6,35 mm) para linhas de ventilação de comprimentos menores que 12 pés (3,7 m). Ou mangueiras #6 (com diâmetro interno de 0,375" - 9,5 mm) para linhas de ventilação de comprimentos maiores que 12 pés (3,7m). (Veja o ítem "*Requisitos do Tanque de Desaeração*", neste capítulo);
- Devem ser instaladas válvulas de isolamento e de drenagem para permitir a manutenção do grupo gerador sem que haja necessidade de esvaziar o sistema de arrefecimento por completo. (Veja o ítem "*Manutenção*", neste capítulo).

Descritivo

A energia térmica (calor) não aproveitada para geração de energia e descartada através do sistema de arrefecimento equivale a aproximadamente 25% da energia total do combustível consumido pelo motor (Veja a **Figura 6-14**).

O sistema de arrefecimento deve ser projetado e dimensionado para poder lidar com esta grande quantidade de calor, caso contrátio pode ocorrer superaquecimento e falhas no sistema.

O sistema de arrefecimento dos grupos geradores "arrefecidos com líquido" funciona por meio do bombeamento de uma mistura líquida (líquido de arrefecimento) através de passagens no interior dos cilindros do bloco motor e dos cabeçotes. O fluxo do líquido de arrefecimento é feito por meio de uma bomba hidráulica acionada pelo motor.

O sistema de arrefecimento é um sistema fechado, pressurizado e abastecido com uma mistura de água limpa, desmineralizada, e um aditivo anticongelante feito à base de etileno glicol ou propileno glicol. (Veja o ítem "*Líquido de Arrefecimento*", neste capítulo).

Consulte as seções apropriadas deste capítulo selecionadas conforme o tipo de sistema de arrefecimento utilizado. A configuração mais comum de grupo gerador possui um sistema de arrefecimento já montado no próprio grupo gerador, original de de fábrica. Sistemas de arrefecimento que não sejam originais de de fábrica também podem ser utilizados.

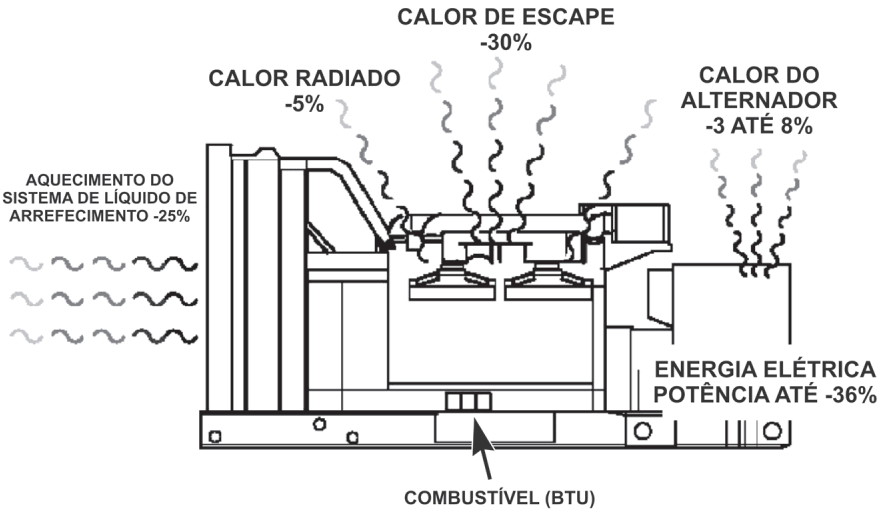


Figura 6-14. Distribuição do calor irradiado para um grupo gerador típico.

Tipos de Sistemas de Arrefecimento

Os motores utilizados para acionar grupos geradores empregam diversos tipos de sistemas de arrefecimento. Em todos os casos, os motores utilizam um sistema de arrefecimento do tipo "jaqueta", com circulação de água, para arrefecer o bloco dos cilindros e os cabeçotes. Além disso, muitos grupos geradores utilizam sistemas de pós-arrefecimento para resfriar o "ar de combustão" que sai do turbocompressor. Isto mantém as temperaturas do coletor de admissão dentro dos níveis exigidos para cumprir as normas técnicas para emissões.

Os sistemas de arrefecimento de grupos geradores incluem:

- Sistemas sem pós-arrefecimento;
- Pós-arrefecimento do tipo "jaqueta água" (JWAC);
- Pós-arrefecimento ar-ar (ATA);
- Uma bomba dois circuitos (1P2L);
- Duas bombas dois circuitos (2P2L).

Para detalhes adicionais sobre o sistema, consulte um distribuidor Cummins local para ter acesso aos "Boletins de Aplicação de Engenharia" adequados (AEB's).

Quando um único ventilador é utilizado para refrigerar simultaneamente um radiador de água do tipo "jaqueta" e um radiador de pós-arrefecimento de baixa temperatura (LTA), o radiador de pós-arrefecimento deve ser instalado de modo que possa ter acesso ao fluxo de ar mais frio.

Não se deve utilizar sistemas dos tipos ATA ou 1P2L em aplicações de arrefecimento remotas.

Sistemas sem pós-arrefecimento

Estes motores não exigem pós-arrefecimento para manter baixas as temperaturas do coletor de admissão. Um sistema de arrefecimento do tipo "jaqueta água" é utilizado para refrigerar o bloco de cilindros, cabeçotes e óleo lubrificante.

Sistemas com pós-arrefecimento do tipo "jaqueta de água" (JWAC - "jacket water aftercooling")

Nos sistemas "JWAC", o mesmo líquido de arrefecimento utilizado para resfriar o bloco do motor e os cabeçotes é também utilizado para resfriar o "ar de combustão" que entra pela parte superior do coletor de admissão. Os fluxos do líquido de arrefecimento que passam pela "jaqueta" do motor e pelo pós-arrefecedor são combinados e é utilizada uma bomba simples para o líquido de arrefecimento do motor. Este sistema corresponde ao tipo tradicional de sistema de arrefecimento, onde todo o calor removido do motor pelo líquido de arrefecimento é dissipado por um radiador externo simples ou por um trocador de calor.

Sistemas com pós-arrefecimento do tipo ar-ar (ATA - "air-to-air aftercooling")

Os sistemas ATA ("*air-to-air aftercooling*", ou, pós-arrefecimento do tipo ar-ar) proporcionam uma forma de se atingir uma temperatura suficientemente baixa de pós-arrefecimento (LTA - "*Low Temperature Aftercooling*") necessária para cumprir as atuais normas e legislações para emissões de poluentes. O ar do coletor é direcionado para um ou mais sistemas de refrigeração do tipo ar-ar montados no radiador. Veja a **Figura 6-15**.

Estes sistemas não são recomendados para equipamentos que necessitem de sistemas remotos de arrefecimentos. Há duas razões para isso:

- Todo o sistema de tubulações e o radiador funcionam submetidos à pressão do turbocompressor (que pode exceder 40 psi, ou 276 kPa, dependendo do motor).
- O comprimento do tubo de ar que vai até o radiador e e retorna pode causar um lapso de tempo que afeta o desempenho do turbocompressor e pode resultar em pulsos de pressão que impedem um desempenho apropriado do motor.

Sistemas de arrefecimento do tipo "uma-bomba dois-circuitos" (1P2L, "*one-pump two-loops*")

Outra configuração utilizada para se atingir uma temperatura suficientemente baixa de pós-arrefecimento (LTA - "*Low Temperature Aftercooling*") é denominada sistema 1P2L ("*one-pump two-loops*"). Estes sistemas utilizam dois circuitos de arrefecimento e duas colméias de radiador, entretanto, utilizam apenas uma única bomba hidráulica para o líquido de arrefecimento. Em geral, estes sistemas não são recomendados para aplicações de arrefecimento "remotas" devido à dificuldade de obter fluxos de líquido de arrefecimento equilibrados e um resfriamento apropriado de cada um dos circuitos.

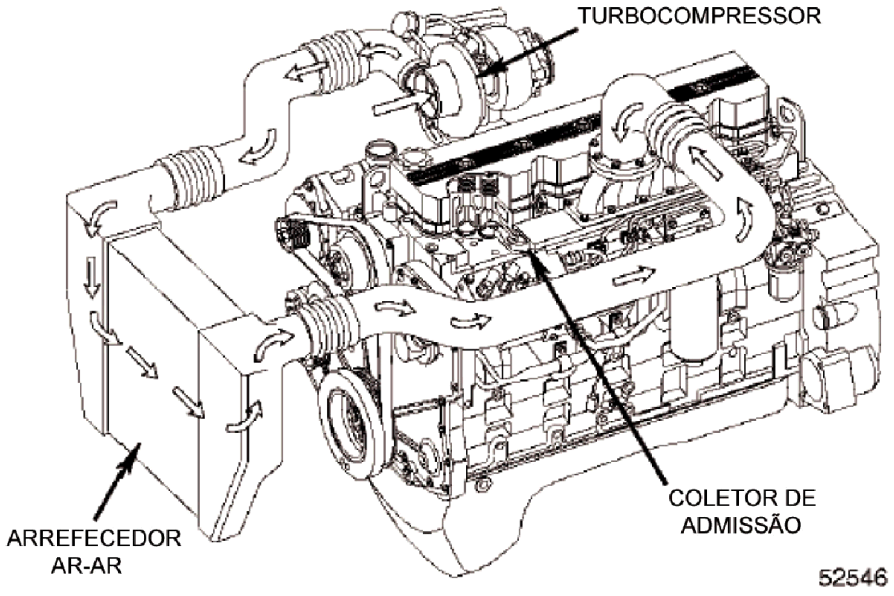


Figura 6-15. Instalação típica de um sistema de pós-arrefecimento do tipo ar-ar (ATA). (O sistema da "jaqueta de água" foi omitido do desenho para permitir a apresentação de maiores detalhes).

Sistemas de arrefecimento do tipo “duas-bombas dois-circuitos” (2P2L, “*two-pumps two-loops*”)

E ainda, outra configuração utilizada para se atingir uma temperatura suficientemente baixa de pós-arrefecimento (LTA - “*Low Temperature Aftercooling*”) é denominada sistema 2P2L (“*two-pumps two-loops*”). Veja a **Figura 6-16**, onde é apresentado o diagrama de um sistema 2P2L típico.

Estes sistemas utilizam dois circuitos de arrefecimento completamente separados, duas colméias de radiador, duas bombas para líquido de arrefecimento e os líquidos de arrefecimento que percorrem cada um dos circuitos estão completamente separados um do outro. Um dos circuitos resfria o bloco do motor e o cabeçote do cilindro. O outro circuito resfria o ar de combustão aspirado pelo turbo-compressor. Para sistemas de arrefecimento remotos, os motores que utilizam este sistema necessitam de duas colméias de radiador separadas ou dois trocadores de calor separados. Cada uma terá suas próprias especificações para temperatura de operação, restrições para os valores de pressão em seu interior, eliminação de calor, etc.

Os sistemas 2P2L (“two-pumps two-loops”) devem possuir uma válvula de desvio termostática e um circuito de desvio com a finalidade de que se possa regular a temperatura no coletor de admissão.

Existem alguns tipos de grupos geradores que são equipados com um tipo específico de sistema de arrefecimento que é denominado como “2P2L”, todavia, estes sistemas não possuem dois circuitos verdadeiramente separados. Estes sistemas utilizam uma bomba hidráulica para o líquido de arrefecimento com dois propulsores. Devido ao pequeno fluxo de transferência de líquido de arrefecimento proporcionado por esta bomba, o sistema deve usar um tanque de desaeração ou dois tanques conectados. Isto é necessário para manter estáveis os níveis do líquido de arrefecimento em cada um dos circuitos. (Veja o ítem “*Requisitos para o Tanque de Desaeração*”, neste capítulo).

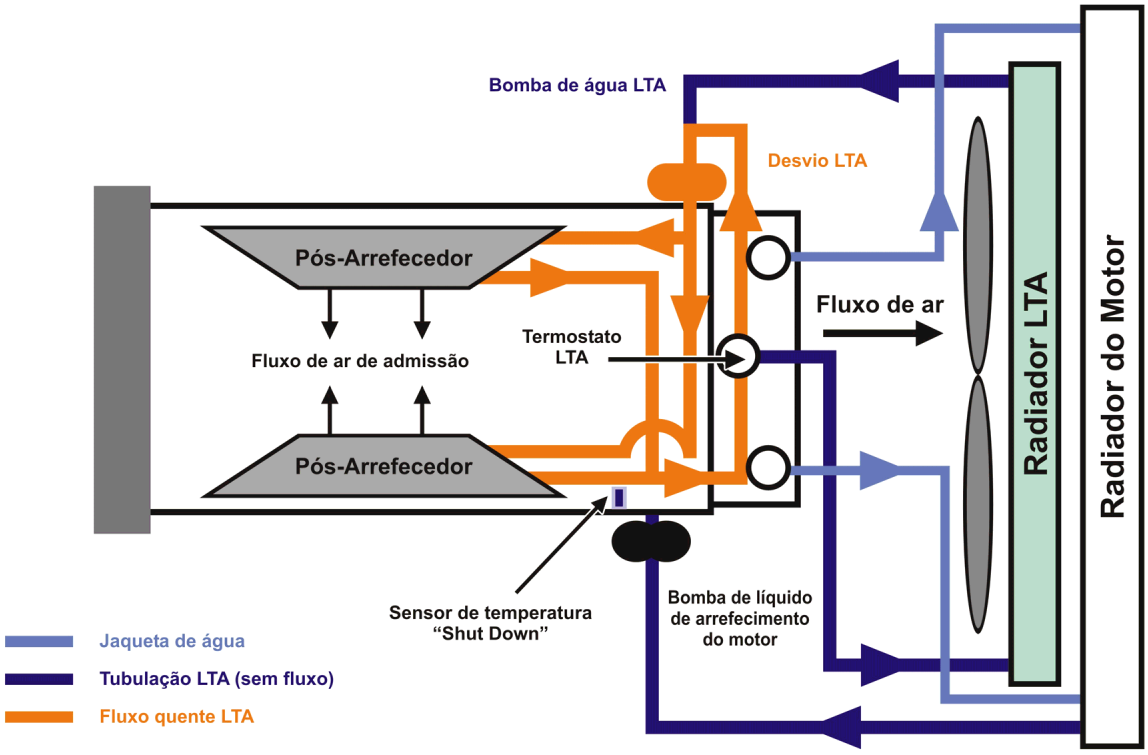


Figura 6-16. Fluxo do líquido de arrefecimento em um sistema do tipo 2P2L (“two-pumps two-loops”) com a válvula termostática LTA fechada.

Sistemas de arrefecimento fornecidos pelo fabricante do grupo gerador (“*originais de fábrica*”)

Sistemas de arrefecimento fornecidos pelo fabricante do grupo gerador (ou, “*originais de fábrica*”) podem incluir tanto radiadores como trocadores de calor. A maior vantagem obtida ao se instalar um grupo gerador com um sistema de arrefecimento “*original de fábrica*” é o fato de que uma quantidade significativa dos trabalhos de projeto e instalação já está pronto. Clientes que necessitam instalar um sistema de arrefecimento remoto tem que levar em consideração muitos detalhes e requisitos que, no caso dos sistemas “*original de fábrica*”, já estão satisfeitos.

Uma segunda vantagem dos sistemas “*originais de fábrica*”, é que eles são testados por, meio de protótipos, para verificação geral do seu desempenho.

Radiador montado no próprio grupo gerador

Um grupo gerador construído com um radiador próprio já é provido com um sistema integrado de arrefecimento e ventilação. Veja a **Figura 6-17**. Em geral, o ventilador do radiador é acionado mecanicamente pelo motor do grupo gerador. Ventiladores elétricos também são utilizados em algumas aplicações.

Um importante requisito para um radiadores montados nos grupos geradores é de que sejam capazes mover volumes relativamente grandes de ar ao redor da área do grupo gerador. Deve ser deslocado um volume de ar suficientemente grande para dissipar o calor emitido pelo equipamento e também para prover o suprimento de ar para a queima do combustível. Este requisito pode exigir que o sistema seja capaz de deslocar um grande fluxo de ar, e pode levar à decisão de se utilizar um sistema de arrefecimento remoto. No entanto, mesmo que um sistema de arrefecimento remoto seja utilizado, o fluxo de ar necessário para dissipar o calor e fornecer um volume suficiente de ar para a combustão é significativo, e, um sistema adequado de ventilação ainda será necessário. Para detalhes adicionais consulte a seção “*Ventilação*”, neste manual.

Para os sistemas nos quais o radiador esteja montado no próprio grupo gerador, o ventilador do motor irá, frequentemente, proporcionar um volume de ventilação suficiente, eliminando a necessidade de dispositivos adicionais e outros sistemas de ventilação.

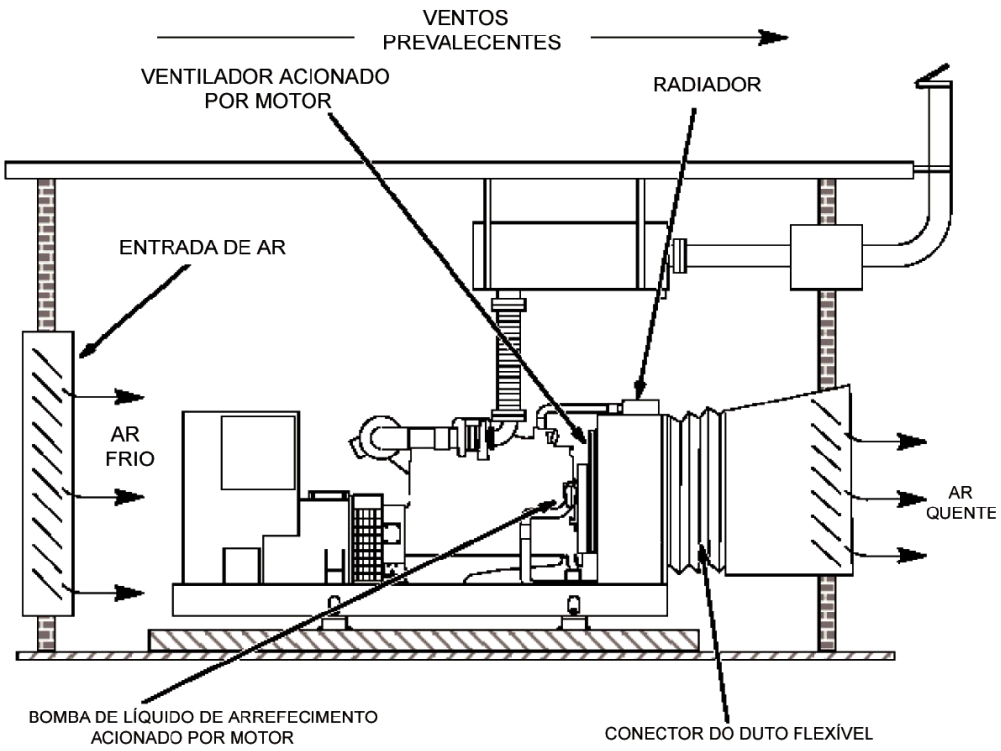


Figura 6-17. Radiador de arrefecimento “*original de fábrica*” montado diretamente sobre o grupo gerador.

Trocador de calor montado no próprio grupo gerador

Os equipamentos denominados “trocadores de calor” funcionam removendo o calor gerado no motor por meio do líquido de arrefecimento que circula em um circuito fechado. Em seguida, este calor é transferido para outro curcuito por onde circula “água de uso industrial” proveniente de uma fonte adequada. O motor, a bomba hidráulica para o líquido de arrefecimento e o trocador de calor formam um sistema de arrefecimento pressurizado e fechado. Para maiores detalhes, veja a **Figura 6-18**. O líquido de arrefecimento do motor e a “água de uso industrial” jamais se misturam. Cada um dos circuitos por onde estes fluídos circula é isolado um do outro, havendo apenas contato térmico entre eles.

Este tipo de sistema deve satisfazer às seguintes condições:

- O sistema deve proporcionar um fluxo adequado de “água de uso industrial”, assim como, as pressões e temperaturas no seu interior devem estar em conformidade com os valores especificados na “*Folha de Dados Técnicos*” do grupo gerador.
- A “água de uso industrial” deve ser protegida contra o congelamento.
- Normas técnicas locais devem ser consultadas antes de projetar e/ou instalar o sistema que coleta a “água de uso industrial” de alguma fonte pública de fornecimento de água e, posteriormente, descarta esta água para a rede pública de esgotos, para um rio ou qualquer outra fonte pública de coleta de água servida.
- O sistema deve ser provido de um sistema de ventilação com capacidade suficiente para atender às suas necessidades de dissipação de calor.
- Deve ser dada especial atenção às características e aos materiais utilizados nas tubulações e chapas do trocador de calor, considerando-se a qualidade (pureza, contaminantes, etc) da “água de uso industrial” utilizada no sistema de arrefecimento.

Considerações adicionais quanto ao circuito hidráulico por onde circula a “água de uso industrial” no trocador de calor:

- Pode ser utilizada uma válvula termostática para controlar o fluxo de água em função da temperatura do líquido de arrefecimento.
- Pode ser utilizada uma válvula de desligamento, acionada por bateria, do tipo NF (normalmente fechada), para interromper o fluxo de água sempre que o grupo gerador não estiver em funcionamento (energia da bateria não deve ser utilizada para manter a válvula fechada, é por este motivo que a válvula deve ser NF).
- As possíveis fontes para captação de “água de uso industrial” utilizada no trocador de calor incluem: fontes públicas de fornecimento (locais, municipais), rios, lagos, poços artesianos, torres de resfriamento, etc.
- Caso se opte pelo uso de torres de resfriamento, o projeto e instalação do sistema exigirá um suporte extensivo dos fornecedores dos equipamentos e de engenheiros consultores.

O uso de um trocador de calor para o arrefecimento de um grupo gerador elimina a necessidade do uso de um ventilador destinado ao arrefecimento. O recinto do equipamento irá, portanto, necessitar apenas de um sistema de ventilação de grande capacidade para remover o calor do recinto e fornecer ao motor o volume de ar necessário para o processo de combustão. Para detalhes adicionais, veja a seção “*Ventilação*”, neste manual .

Trocadores de calor são projetados para trabalhar utilizando um suprimento constante de água limpa (“água de uso industrial”) à uma temperatura específica. A qualidade da “água de uso industrial” deve ser levada em consideração quando forem especificadas as características do trocador de calor durante o projeto do sistema, pois a presença de impurezas na água pode levar à degradação do material do qual é feito o trocador de calor e conseqüente redução de sua vida útil. Em algumas circunstâncias pode ser necessário que o trocador de calor seja fabricado com materiais do mais alto grau de qualidade.

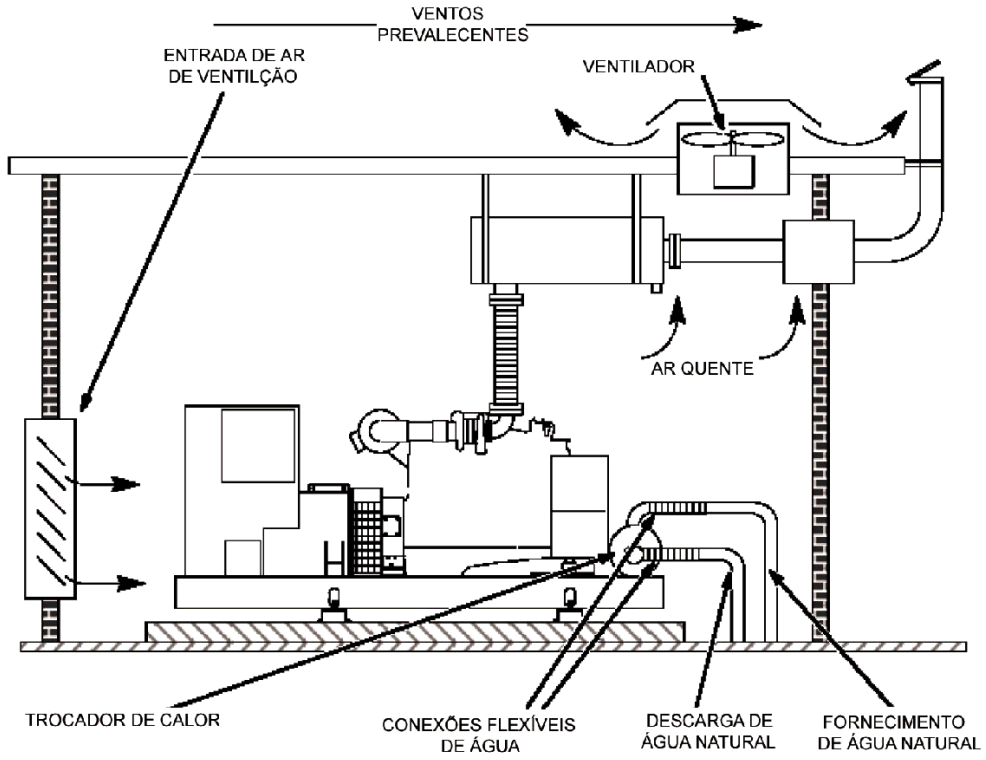


Figura 6-18. Trocador de calor montado diretamente sobre o grupo gerador.

Cálculos (exemplo)

Deve haver um fluxo suficientemente grande de "água de uso industrial" para absorver o calor removido do motor pelo líquido de arrefecimento, conforme o indicado na "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador.

$$RWR = HR / (\Delta T).(c)$$

onde:

RWR = Fluxo de água requisitado, galões/min. (litros/min.);

HR = Calor rejeitado pelo sistema de resfriamento do motor, BTU/min. (kJ/min.);

ΔT = Aumento de temperatura da água através da colméia do trocador de calor, °F (°C);

c = Calor específico da água, 8 BTU/°F/galão (ou, 4kJ/°C/litro).

Por exemplo, assuma que a "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador indica que o grupo rejeita 15.340 BTU/minuto (16.185 kJ/minuto) e a temperatura de admissão da água bruta é de 80°F (27°C). Assuma também que a água bruta é descartada em um rio próximo e as normas locais restringem este descarte para temperaturas até 95°F (35°C).

O fluxo de fornecimento de água bruta necessário é determinado pelo seguinte:

$$RWR = \frac{15.340\ BTU/min.}{(15°F)(8\ BTU/°F.galões)} = 128\ galões/min.$$

ou:

$$RWR = \frac{16.185\ kJ/min.}{(8°C)(4\ kJ/°C.litro)} = 506\ litros/min.$$

Lembre-se que trocadores de calor possuem requisitos mínimos de fluxo, que devem ser atendidos (listados na "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador).

Estes requisitos devem ser cumpridos, mesmo que os cálculos acima indiquem que um fluxo de menor intensidade é suficiente.

Sistemas de arrefecimento não fornecidos pelo fabricante do grupo gerador

Para os sistemas de arrefecimento que não são fornecidos pelo fabricante do grupo gerador, existem muitos detalhes do projeto que devem ser avaliados. Normalmente, isso não seria necessário para os sistemas de arrefecimento fornecidos pelo fabricante do grupo gerador ("*originais de fábrica*")

Estes detalhes incluem (mas não estão limitados aos ítems listados abaixo):

- Tipo de sistema de arrefecimento a ser usado;
- Sistema de arrefecimento do combustível;
- Sistemas de desaeração, ventilação, etc.;
- Instalações que são arrefecidas remotamente devem possuir um eficiente sistema de ventilação no recinto do grupo gerador .

Sistemas de arrefecimento remotos são frequentemente utilizados quando não é viável se obter um fluxo de ar para ventilação suficientemente intenso para o radiador montado diretamente no grupo gerador. Os sistemas de arrefecimento remotos não eliminam totalmente a necessidade de um sistema de ventilação no recinto do grupo gerador, todavia podem fazer com que seja necessário um sistema de menor capacidade. Seja como for, o grupo gerador ainda irá emitir calor para os arredores e este calor deve ser removido. Para detalhes adicionais veja a seção "*Ventilação*", neste manual.

As características dos sistemas de arrefecimento remotos incluem:

- Capacidade para captar os volumes necessários de ar, à temperatura ambiente, para refrigerar a colméia do radiador;
- Flexibilidade no projeto do recinto para o grupo gerador;
- Projeto de instalação que permita uma capacidade otimizada para os serviços de manutenção.

Estabelecimento de uma metodologia para o uso de um sistema de arrefecimento remoto

Os radiadores remotos (tanto aqueles utilizados em conjunto com a bomba padrão para o líquido de arrefecimento do motor quanto os utilizados em conjunto com uma bomba auxiliar para o líquido de arrefecimento) e trocadores de calor podem ser utilizados para arrefecer remotamente o grupo gerador.

Em geral, a escolha por qual tipo de equipamento será utilizado é determinada pelas limitações relacionadas à pressão máxima que pode ser produzida pela bomba hidráulica que impele o líquido de arrefecimento do motor ("*static head*"), bem como pela perda de pressão do líquido de arrefecimento do motor através do circuito hidráulico ("*friction head*"). Estas dados estão especificados na "*Folha de Dados Técnicos*" do Grupo Gerador. Como exemplos, veja os dados apresentados nas figuras: **Figura 6-19** e **Figura 6-20**.

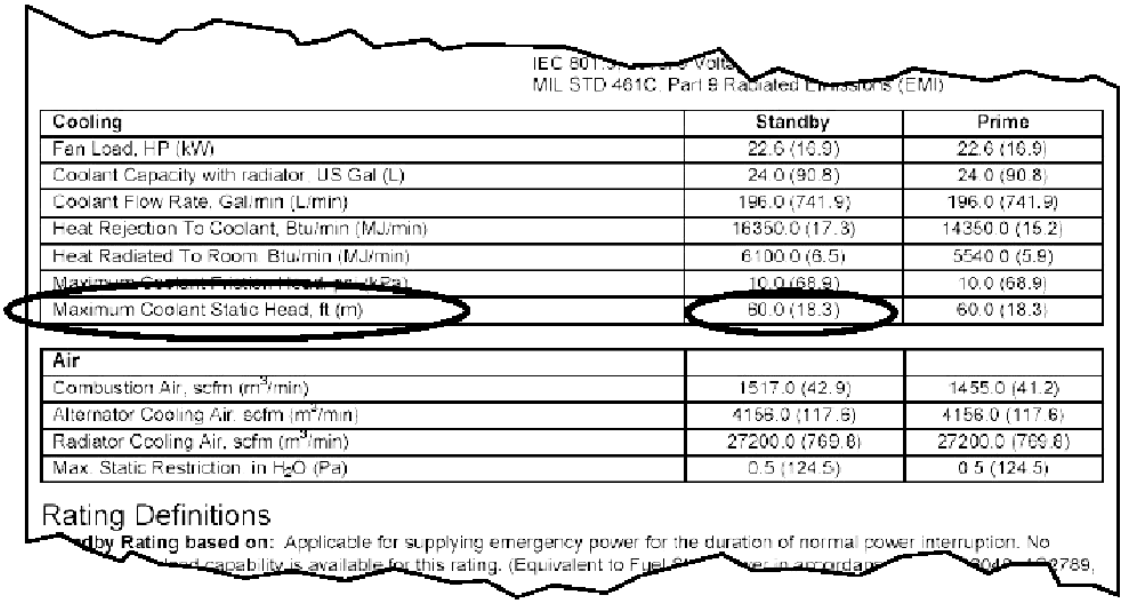
Os radiadores remotos são convenientes porque eles não necessitam de um fluxo contínuo de "água de uso industrial" que os trocadores de calor normalmente precisam. Todavia, os radiadores remotos são, em geral, técnicamente inviáveis pois pode haver a necessidade de que eles sejam posicionados à uma distância significativa do grupo gerador para que possam ter acesso a um fluxo contínuo de ar fresco. Em geral, isto pode levar a uma violação dos limites estabelecidos para o valor da pressão do líquido de arrefecimento do motor gerada pela bomba hidráulica do sistema de arrefecimento ("*Static Head*"), assim como para o valor da perda de pressão do líquido de arrefecimento do motor ao longo do circuito hidráulico do sistema de arrefecimento ("*Friction Head*").

Caso a instalação de um radiador remoto viole os limites estabelecidos para o valores da pressão do líquido de arrefecimento do motor gerada pela bomba hidráulica do sistema de arrefecimento ("*Static Head*") ou para o valor da perda de pressão do líquido de arrefecimento do motor ao longo do circuito hidráulico do sistema de arrefecimento ("*Friction Head*"), pode-se utilizar um trocador de calor.

É preciso levar em consideração que um trocador de calor irá necessitar de um fornecimento contínuo de "água de uso industrial" que obedeça aos requisitos estabelecidos para os valores de fluxo, temperatura e pressão. O trocador de calor deverá ser instalado em um local e de tal modo que obedeça simultaneamente aos limites estabelecidos para o valor da pressão do líquido de arrefecimento do motor gerada pela bomba hidráulica do sistema de arrefecimento ("*Static Head*"), assim como para o valor da perda de pressão do líquido de arrefecimento do motor ao longo do circuito hidráulico do sistema de arrefecimento ("*Friction Head*").

As especificações quanto às características "água de uso industrial" utilizada pelo trocador de calor também deverão ser obedecidas.

Veja os ítems "*Trocador de calor montado no próprio grupo gerador*" e "*Trocador de calor remoto*", neste capítulo.



MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

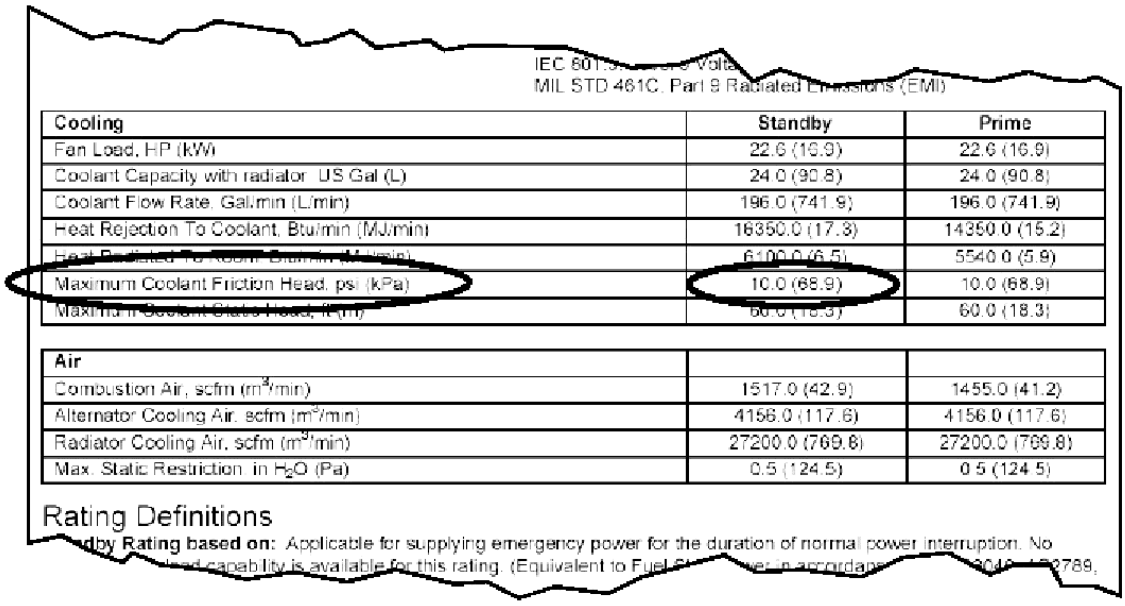
Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	22.6 (16.9)	22.6 (16.9)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	196.0 (741.9)	196.0 (741.9)
Heat Rejection To Coolant, Btu/min (MJ/min)	16350.0 (17.3)	14350.0 (15.2)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	6100.0 (6.5)	5540.0 (5.9)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	10.0 (68.9)	10.0 (68.9)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air		
Combustion Air, scfm (m^3/min)	1517.0 (42.9)	1455.0 (41.2)
Alternator Cooling Air, scfm (m^3/min)	4156.0 (117.6)	4156.0 (117.6)
Radiator Cooling Air, scfm (m^3/min)	27200.0 (769.8)	27200.0 (769.8)
Max. Static Restriction in H_2O (Pa)	0.5 (124.5)	0.5 (124.5)

Rating Definitions

dby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No
load capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel St
ver in accordan
2789,

Figura 6-19. "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador DFXX apresentando o "Valor Máximo da Pressão" do líquido de arrefecimento do motor gerada pela bomba hidráulica do sistema de arrefecimento ("*Maximum Coolant Static Head*").



MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	22.6 (16.9)	22.6 (16.9)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	196.0 (741.9)	196.0 (741.9)
Heat Rejection To Coolant, Btu/min (MJ/min)	16350.0 (17.3)	14350.0 (15.2)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	6100.0 (6.5)	5540.0 (5.9)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	10.0 (68.9)	10.0 (68.9)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air		
Combustion Air, scfm (m^3/min)	1517.0 (42.9)	1455.0 (41.2)
Alternator Cooling Air, scfm (m^3/min)	4156.0 (117.6)	4156.0 (117.6)
Radiator Cooling Air, scfm (m^3/min)	27200.0 (769.8)	27200.0 (769.8)
Max. Static Restriction in H_2O (Pa)	0.5 (124.5)	0.5 (124.5)

Rating Definitions

dby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No
load capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel St
ver in accordan
2789,

Figura 6-20. "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador DFXX apresentando o "Valor Máximo da Perda de Pressão" do líquido de arrefecimento do motor ao longo do circuito hidráulico do sistema de arrefecimento ("*Maximum Coolant Friction Head*").

Determinação do valor máximo da pressão gerada pela bomba hidráulica do sistema de arrefecimento do motor ("*Static Head*")

O termo "*Static Head*" refere-se à pressão hidráulica estática gerada pela bomba de líquido de arrefecimento do motor e à sua variação devido à altura relativa do sistema de arrefecimento remoto. O valor correspondente ao "*Static Head*" corresponde simplesmente a diferença, em altura, entre o ponto mais alto do sistema de arrefecimento e a linha de centro do virabrequim do motor. Considere o exemplo mostrado na **Figura 6-21**. Observando-se a "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador DFXX, mostrada na **Figura 6-19**, pode-se constatar que esta distância vertical deve ser menor ou igual à 60 pés (18,3 metros).

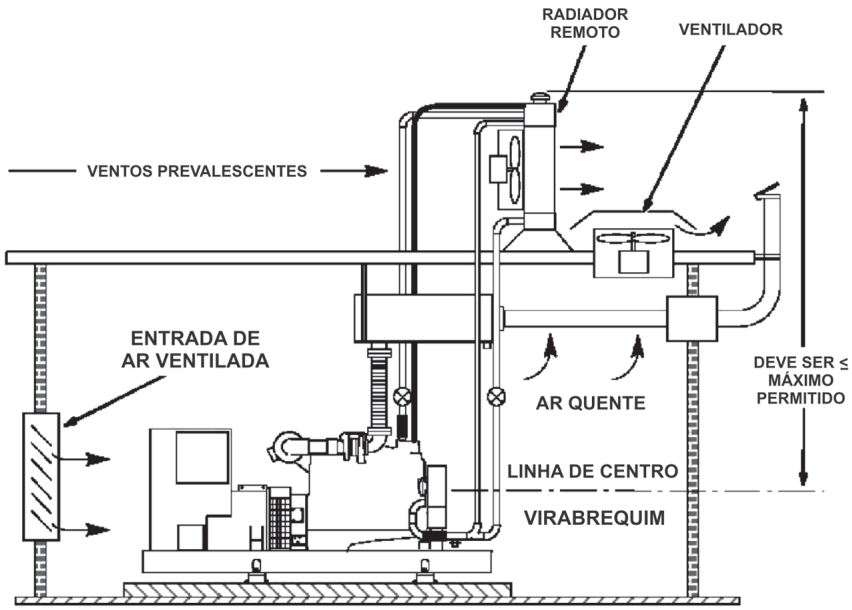


Figura 6-21. Exemplo de um sistema equipado com radiador remoto.

Determinação do valor da perda de pressão do líquido de arrefecimento do motor ao longo do seu circuito hidráulico ("*Friction Head*")

O valor da perda de pressão do líquido de arrefecimento do motor ("*Friction Head*") corresponde às perdas que ocorrem ao longo da tubulação do líquido de arrefecimento, válvulas, colméia do radiador, trocador de calor ou quaisquer outros dispositivos que façam parte do sistema de arrefecimento instalado na parte externa do motor. Podem ser feitos cálculos para estimar este valor. Este cálculo envolve a determinação das perdas de pressão causadas por cada componente individual do sistema, e então, pela adição de todas as perdas de pressão para se obter o valor total da perda de pressão ("*Friction Head*"). Veja o exemplo a seguir:

1. Determine a perda de pressão no radiador ou trocador de calor consultando os dados técnicos fornecidos pelo fabricante. Por exemplo, suponha que um radiador remoto deve ser instalado e que a queda de pressão através do radiador é de 1,5 psi (10,3 kPa) para um fluxo de 196 gpm (741,9 litros/min.).
2. Determine o comprimento total de toda a tubulação "reta" do líquido de arrefecimento no sistema. Para este exemplo, suponha que há uma tubulação reta de 80 pés (24,4 m) com 3 pol. (80 mm) de diâmetro.
3. Determine os comprimentos equivalentes "estimados" para todos os conectores e válvulas usando a **Tabela 6-3** e some ao comprimento total da "tubulação reta". Para este exemplo, suponha que há três conectores do tipo cotovelo longos de 90°, duas válvulas do tipo "gaveta" usadas para isolar o radiador durante eventuais manutenções do motor e um conector "T" para conectar a linha de preenchimento.

Componente	**Comprimento Equivalente, pés (m)**
3 conexão tipo cotovelo, longas, 90°	3 x 5,2 pés = **15,6 pés** (3 x 1,6 m = **4,8 m**)
2 válvulas tipo "gaveta" (abertas)	2 x 1,7 pés = **3,4 pés** (2 x 0,5 m = **1,0 m**)
1 conexão "T" (Passagem direta)	**5,2 pés (1,6 m)**
80 pés (24,4 m) de "Tubulação Reta"	**80 pés (24,4 m)**
Comprimento Equivalente - Total da Tubulação	104,2 pés (31,8 m)

4. Determine o valor da perda de pressão para um fluxo de determinada intensidade, calculado por unidade de comprimento da tubulação, em função do diâmetro nominal da tubulação utilizada no sistema. Neste exemplo, é utilizada uma tubulação com diâmetro nominal de 3 pol. (80 mm). Do gráfico na **Figura 6-23**, pode-se determinar que uma tubulação com diâmetro interno de 3 polegadas (80 mm) causa uma perda de pressão de aproximadamente 4,0 psi para cada 100 pés de tubulação (ou seja, 28 kPa para 30m) para um de fluxo do líquido de arrefecimento equivalente à 196 galões/min (741,9 l/min). O valor necessário para o fluxo do líquido de arrefecimento pode ser obtido na "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador, como mostra a **Figura 6-22**.

5. A perda de pressão na tubulação é calculada como:

   Perdas na tubulação: 104,2 pés • $\frac{(4,0\ \text{psi})}{100\ \text{pés}}$ = 4,2 psi

   ou:

   Perdas na tubulação: 31,8 m • $\frac{(28\text{kPa})}{30\ \text{m}}$ = 29,7 kPa

6. A perda total de pressão ("*Friction Head*") corresponde à soma das perdas na tubulação e no radiador:

   Perda total = 4,2 psi + 1,5 psi = 5,7 psi

   ou:

   Perda total = 29,7 kPa + 10,3 kPa = 40 kPa

Depois de calculado "*o valor da perda de pressão do líquido de arrefecimento do motor ao longo do seu circuito hidráulico*" ("*Friction Head*") ele pode ser comparado com o valor listado na "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador. Caso o valor calculado exceda o valor máximo permitido poderão ser necessários alguns ajustes que podem incluir:

- Reposicionar o grupo gerador e/ou radiador/trocador de calor para reduzir a distância entre eles.
- Utilizar tubos de maior diâmetro para conduzir o líquido de arrefecimento .
- Refazer o projeto do sistema para que haja uma menor quantidade de dobras e curvas na tubulação.
- Instalar uma bomba auxiliar para fazer circular o líquido de arrefecimento.

No caso do exemplo da "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador DFXX, apresentada na Figura 6-20, o valor da perda de pressão do líquido de arrefecimento do motor ao longo do seu circuito hidráulico ("*Friction Head*") equivale à 10 psi (68,9 kPa). Dado que o valor calculado é menor que o valor máximo permitido, o projeto do sistema pode ser considerado adequado. Os parâmetros calculados para o projeto deverão ser testados experimentalmente na instalação do sistema.

Recomenda-se entrar em contato com um distribuidor local da Cummins para que se tenha acesso aos procedimentos adequados de verificação do sistema, descritos nos Boletins de Engenharia de Aplicação (AEBs).

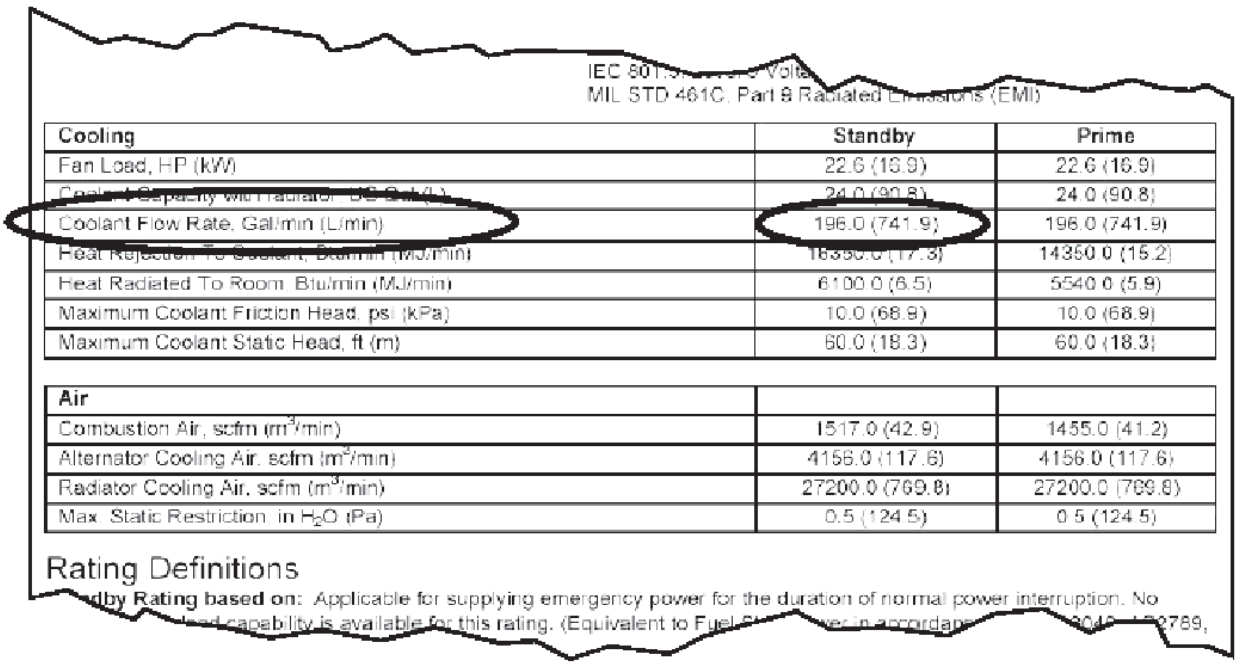
Tipo de conexão	Dimensões nominais da tubulação - Polegadas (milímetros)										
	1/2 (15)	3/4 (25)	1 (25)	1-1/4 (35)	1-1/2 (45)	2 (50)	2-1/2 (45)	3 (80)	4 (100)	5 (125)	5 (150)
Cotovelo padrão 90° ou conexão "T" reduzida	1.5 (0.5)	2.1 (0.6)	2.6 (0.8)	3.5 (1.1)	4.3 (1.3)	5.5 (1.7)	6.5 (2.0)	8.0 (2.4)	11 (3.4)	14 (4.3)	16 (4.9)
Cotovelo longo 90° ou conexão "T" reduzida	1.0 (0.3)	1.4 (0.4)	1.6 (0.5)	2.4 (0.7)	2.7 (0.8)	3.5 (1.1)	4.2 (1.3)	5.2 (1.6)	7.0 (2.1)	9.0 (2.7)	11 (3.4)
Cotovelo 45°	0.8 (0.2)	1.0 (0.3)	1.3 (0.4)	1.6 (0.5)	1.9 (0.6)	2.5 (0.8)	3.0 (0.9)	3.8 (1.2)	5.0 (1.5)	6.3 (1.9)	7.5 (2.3)
Conexão "U"	3.5 (1.1)	4.8 (1.5)	6.0 (1.8)	8.5 (2.6)	9.9 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)	18 (5.5)	24 (7.3)	31 (9.4)	37 (11.3)
Conexão "T", entrada ou saída	3.1 (0.9)	4.0 (1.2)	5.6 (1.7)	7.2 (2.2)	9.0 (2.7)	12 (3.7)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	27 (8.2)	33 (10.1)
Válvula de checagem da bomba e filtro	3.7 (1.1)	4.9 (1.5)	7.5 (2.3)	8.9 (2.7)	11 (3.4)	15 (4.6)	18 (5.5)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11.0)	46 (14.0)
Válvula "borboleta" de checagem, tot. aberta	3.8 (1.2)	5.0 (1.5)	6.5 (2.0)	9.0 (2.7)	10 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)	19 (5.8)	26 (7.9)	33 (10.1)	40 (12.2)
Válvula de esfera totalmente aberta	16 (4.9)	21 (6.4)	26 (7.9)	39 (11.9)	45 (13.7)	55 (16.8)	67 (20.4)	82 (25.0)	110 (33.5)	140 (42.7)	165 (50.3)
Válvula tipo "diagonal" totalmente aberta	8.3 (2.5)	11.5 (3.5)	15 (4.6)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)	33 (10.1)	41 (12.5)	53 (16.2)	70 (21.3)	85 (25.9)
Válvula tipo "gaveta" totalmente aberta	0.4 (0.1)	0.5 (0.2)	0.6 (0.2)	0.8 (0.2)	1.0 (0.3)	1.2 (0.4)	1.4 (0.4)	1.7 (0.5)	2.3 (0.7)	2.9 (0.9)	3.5 (1.1)

Tabela 6-3. Equivalência de comprimentos para conectores de tubulações e válvulas em polegadas (metros).
Os funcionários da Cummins podem acessar o Relatório Técnico Cummins 9051-2005-005 para obter mais informações documentadas sobre estes valores.

Requisitos gerais para todos os sistemas de arrefecimento não fornecidos pelo fabricante do grupo gerador (“*NÃO originais de fábrica*”)

Independente do tipo de sistema do arrefecimento utilizado para arrefecer o grupo gerador, os seguintes requisitos e recomendações se aplicam. O primeiro requisito de projeto é fazer com que o valor da temperatura de saída do líquido de arrefecimento do motor seja limitada conforme o valor da “Temperatura Máxima do Tanque Superior” especificado na “*Folha de Dados Técnicos*” do grupo gerador. Os valores de “*Dissipação de Calor para o Líquido de Arrefecimento*” e “*Fluxo de Líquido de Arrefecimento*” estão também especificados na “*Folha de Dados Técnicos*” do grupo gerador, e, toda esta informação será necessária para selecionar um radiador ou trocador de calor adequados.

- O sistema de arrefecimento deve ser projetado para limitar a temperatura de saída do líquido de arrefecimento do motor conforme o valor da “Temperatura Máxima do Tanque Superior” especificado na “*Folha de Dados Técnicos*” do grupo gerador.
- Os sistemas de “Pós-Arrefecimento de Baixa Temperatura” (LTA - “*Low Temperature Aftercooling*”) devem satisfazer aos requisitos dos circuitos de pós-arrefecedor especificados na “*Folha de Dados Técnicos*” do grupo gerador.
- A pressão na saída da bomba hidráulica que impele o líquido de arrefecimento do motor deve sempre ter um valor positivo (ou seja, não deve haver refluxo). Caso a bomba hidráulica não consiga gerar uma pressão “suficientemente positiva”, ou seja, caso o valor da pressão na saída da bomba seja negativo isto pode levar ao efeito de cavitação nas palhetas da bomba e a uma falha do sistema.
- No projeto e dimensionamento do sistema de energia baseado no grupo gerador, deve ser levado em consideração o consumo (as cargas) como: o ventilador para o radiador remoto, ventiladores, bombas hidráulicas para o líquido de arrefecimento do motor e demais acessórios/equipamentos que sejam necessários para o sistema de arrefecimento.
- O sistema de arrefecimento deve ser projetado e dimensionado com uma capacidade equivalente à 115% da expectativa de consumo energia e capacidade de refrigeração. Este requisito é uma medida preventiva contra a degradação natural (envelhecimento) do sistema. Sempre que o sistema de arrefecimento for limpo de acordo com os procedimentos e com a frequência recomendados pelo fabricante, a sua capacidade de 100% de refrigeração deve estar disponível. Isto é particularmente importante nos casos em que os grupos geradores sejam instalados em ambientes sujos ou empoeirados.



IEC 801.3 ... Volts
MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	22.6 (16.9)	22.6 (16.9)
Coolant Capacity w/o Radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	196.0 (741.9)	196.0 (741.9)
Heat Rejection To Coolant, Btu/min (MJ/min)	16350.0 (17.3)	14350.0 (15.2)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	6100.0 (6.5)	5540.0 (5.9)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	10.0 (68.9)	10.0 (68.9)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air		
Combustion Air, scfm (m^3/min)	1517.0 (42.9)	1455.0 (41.2)
Alternator Cooling Air, scfm (m^3/min)	4156.0 (117.6)	4156.0 (117.6)
Radiator Cooling Air, scfm (m^3/min)	27200.0 (769.8)	27200.0 (769.8)
Max. Static Restriction in H_2O (Pa)	0.5 (124.5)	0.5 (124.5)

Rating Definitions

...dby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No ... capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel ... in accordance ... 8528, ISO 3046, BS5514, ISO 9249,

Figura 6-22. “*Folha de Dados Técnicos*” do grupo gerador DFXX apresentando o “Valor do fluxo do líquido de arrefecimento do motor”.

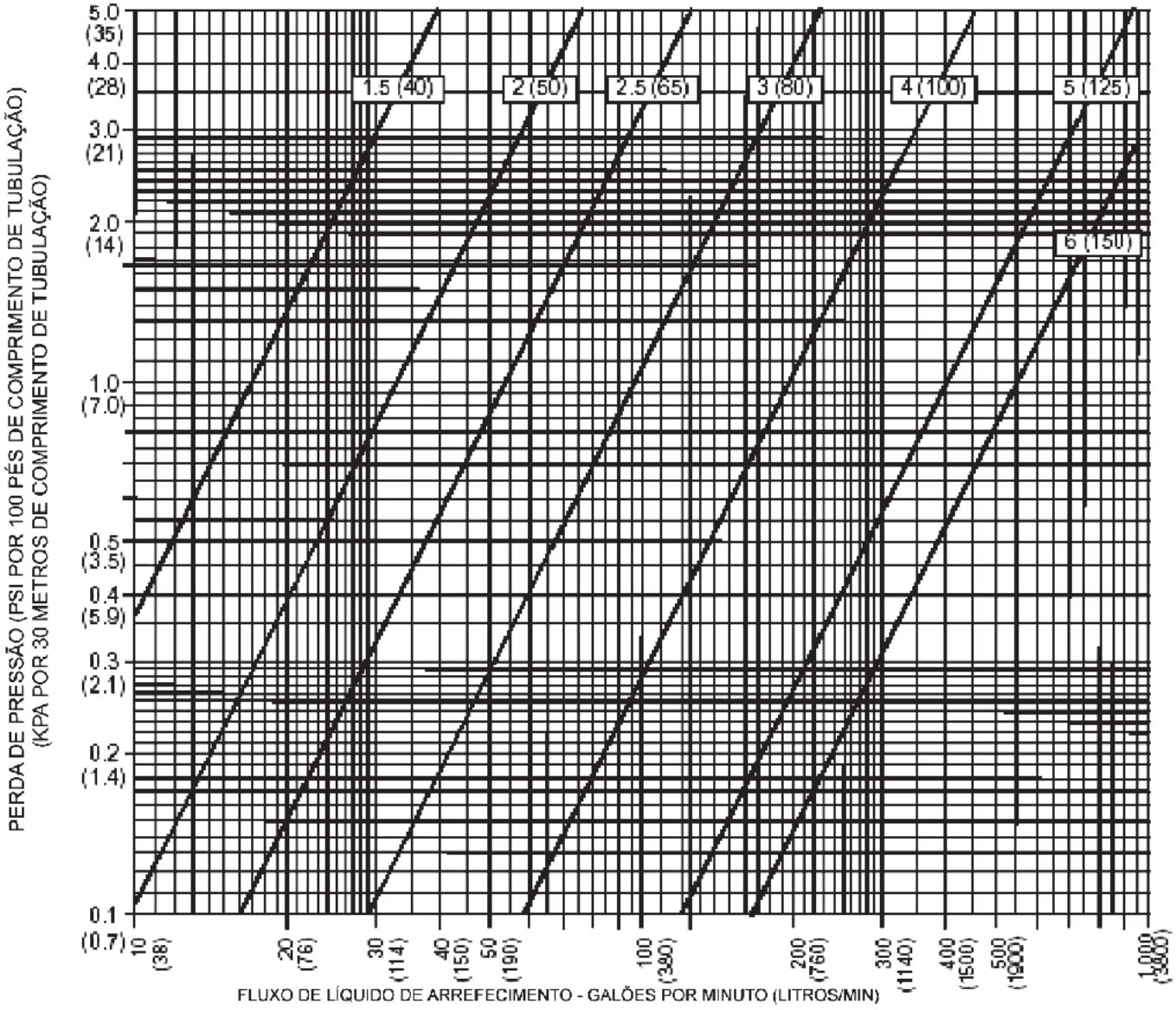


Figura 6-23. Perda de pressão por “fricção hidráulica”, no interior das tubulações, em função dos diâmetros dos tubos expressos em polegadas (milímetros).
Os funcionários da Cummins podem acessar o Relatório Técnico Cummins 9051-2005-005 para obter mais informações documentadas sobre estes valores.

Conexões e tubulação do sistema de arrefecimento do motor

É extremamente importante que seja utilizada o tipo de tubulação correta nos sistemas de arrefecimento remoto para os motores de grupos geradores. O líquido de arrefecimento deve ser capaz de fluir através de todos os tubos e demais equipamentos como o radiador e/ou trocador de calor externos à jaqueta de arrefecimento do motor. A fricção hidráulica (atrito hidráulico) gerada por este fluxo ou à resistência ao mesmo deve ser cuidadosamente avaliada pois prejudica o desempenho da bomba hidráulica que impele o líquido de arrefecimento do motor e o fluxo do mesmo através da "jaqueta" de arrefecimento do motor.

A "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador apresenta separadamente, em seus dados, as restrições referentes ao fluxo do líquido de arrefecimento do motor em duas condições de restrição externas distintas. Isto é feito com o objetivo de exemplificar para o projetista do sistema a relação entre o fluxo do líquido de arrefecimento e restrições externas, e, eliminar a necessidade de que sejam feitas "estimativas" ("quase adivinhação") durante a realização de um projeto.

Os seguintes requisitos de aplicam às conexões e tubulação do sistema de arrefecimento do motor:

- Valores máximos permitidos para a pressão do líquido de arrefecimento do motor gerada pela bomba hidráulica do sistema de arrefecimento ("*Static Head*"), assim como para o valor da perda de pressão do líquido de arrefecimento do motor ao longo do circuito hidráulico do sistema de arrefecimento ("*Friction Head*") para cabeçote estático e de fricção do líquido de arrefecimento não devem ser excedidos. Veja o ítem **"***Estabelecimento de uma metodologia para o uso de um sistema de arrefecimento remoto*", neste capítulo.
- A tubulação do líquido de arrefecimento localizada na parte externa do motor deve possuir diâmetro igual ou maior do que os diâmetros das conexões de admissão e de saída do motor.
- A tubulação do líquido de arrefecimento localizada na parte externa do motor e as respectivas conexões devem ser limpas antes de serem conectadas ao grupo gerador.
- O projeto deve levar em consideração a expansão e contração térmica das tubulações para o líquido de arrefecimento do motor.
- As tubulações para o líquido de arrefecimento do motor devem ser projetadas de modo apropriado, utilizando-se tubos de aço rígido ou tubos que atendam à especificação ANSI Schedule 40. Devem ser consideradas exceções à esta regra as conexão que atendam aos requisitos especificados abaixo.
- As conexões entre um grupo gerador e um sistema remoto de refrigeração devem ser projetadas para suportar as pressões e temperaturas usuais do líquido de arrefecimento.
- As conexões devem também suportar as vibrações causadas pelo funcionamento e pelo movimento do motor durante a sua partida e o seu desligamento. Devem ser utilizadas conexões flexíveis de aço inoxidável ou mangueiras com braçadeiras duplas.
- Caso sejam utilizadas mangueiras de conexão elas devem obedecer à norma técnica SAE J20R1 ou equivalente, e, estar em conformidade com a classificação para uma pressão de ruptura de, pelo menos, 75 psi (518 kPa) e suportar temperaturas no intervalo entre -40°F (-40°C) até 250°F (121°C). Nas aplicações em que for utilizado um "radiador elevado" recomenda-se o uso de mangueiras capazes de suportar uma pressão de ruptura de, pelo menos, 100 psi (691kPa).
- A mangueira conectada à bomba do líquido de arrefecimento do motor no lado por onde é feita a sucção deve resistir a estrangulamentos, contrações, dobras ou colapsos. As mangueiras fabricadas conforme a norma SAE J20R1 atendem a estas especificações para motores diesel de carga pesada.
- As conexões da mangueira do líquido de arrefecimento devem ser fixadas com parafusos do tipo "T" ou com braçadeiras de torque constante. Braçaceiras com parafusos de aperto do tipo "rosca sem fim" não são adequados. Caso seja utilizada uma tubulação de aço rígido, ela deve ser fixada por meio de buchas.

Radiadores remotos

A utilização de um radiador remoto para arrefecer um grupo gerador exige um projeto cuidadoso. Veja na **Figura 6-24** o exemplo de um sistema com um radiador montado verticalmente e na **Figura 6-25** um radiador montado na horizontal.

A localização de um radiador remoto tem um efeito significativo no desempenho de um equipamento para geração de energia. Por exemplo, as temperaturas sobre ou sob uma laje (por exemplo, em um estacionamento) podem ser significativamente maiores do que as temperaturas mensuradas pelos métodos meteorológicos convencionais e, este fato deve ser levado em consideração. Em geral, a temperatura no interior de um radiador do tipo "*núcleo preenchido com ar*" ou "*colméias preenchidas com ar*"("*air-on-core*") pode ser muito diferente da temperatura no ambiente que circunda o radiador. Veja o ítem **"***Altitude e Temperatura Ambiente*", neste capítulo.

A direção predominante dos ventos também deve ser levada em consideração no projeto e instalação de um radiador remoto. Pode ser necessário o uso de paredes defletoras para evitar que os ventos no local da instalacão se oponham ao fluxo de ar gerado pelo ventilador de arrefecimento. No caso de radiadores remotos instalados sobre ou sob lajes, os ventos podem ser muito intensos e a sua direção pode ser totalmente imprevisível devido à presença de estruturas vizinhas.

As condições do local da instalação de um radiador remoto devem ser levadas em consideração sempre que um radiador for selecionado. Radiadores cujas colméias tenham uma grande densidade de aletas (grande número de aletas por polegada ou por metro) não são considerados aceitáveis para utilização em ambientes sujos (empoeirados, arenosos, etc). A sujeira podem facilmente ficar presa nas colméias de um radiador que tenha um espaçamento muito justo entre as aletas e isso pode influenciar negativamente no desempenho do radiador. O uso de um radiador com um espaçamento maior entre as aletas permitirá que todo tipo de sujeira (areia, pequenas partículas, etc.) consigam passar através da colméia sem que fiquem presas.

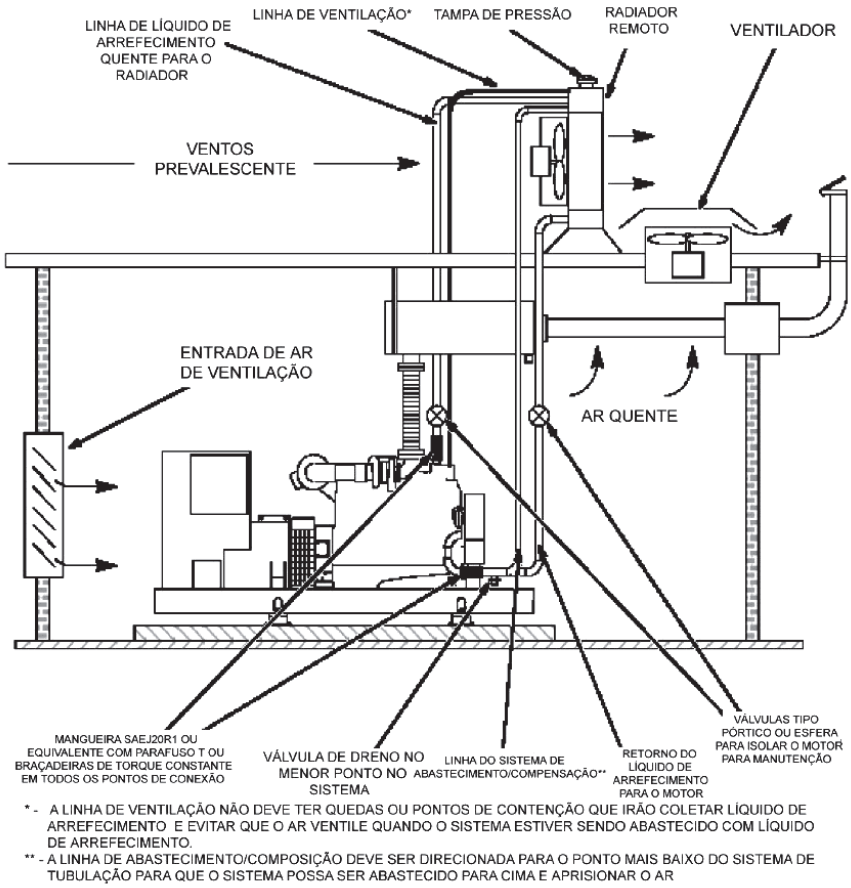

LINHA DE LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO QUENTE PARA O RADIADOR
LINHA DE VENTILAÇÃO*
TAMPA DE PRESSÃO
RADIADOR REMOTO
VENTILADOR
VENTOS PREVALESCENTE
ENTRADA DE AR DE VENTILAÇÃO
AR QUENTE
MANGUEIRA SAEJ20R1 OU EQUIVALENTE COM PARAFUSO T OU BRAÇADEIRAS DE TORQUE CONSTANTE EM TODOS OS PONTOS DE CONEXÃO
VÁLVULA DE DRENO NO MENOR PONTO NO SISTEMA
LINHA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO/COMPENSAÇÃO**
RETORNO DO LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO PARA O MOTOR
VÁLVULAS TIPO PÓRTICO OU ESFERA PARA ISOLAR O MOTOR PARA MANUTENÇÃO
* - A LINHA DE VENTILAÇÃO NÃO DEVE TER QUEDAS OU PONTOS DE CONTENÇÃO QUE IRÃO COLETAR LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO E EVITAR QUE O AR VENTILE QUANDO O SISTEMA ESTIVER SENDO ABASTECIDO COM LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO.
** - A LINHA DE ABASTECIMENTO/COMPOSIÇÃO DEVE SER DIRECIONADA PARA O PONTO MAIS BAIXO DO SISTEMA DE TUBULAÇÃO PARA QUE O SISTEMA POSSA SER ABASTECIDO PARA CIMA E APRISIONAR O AR

Figura 6-24. Sistema típico de um radiador remoto.

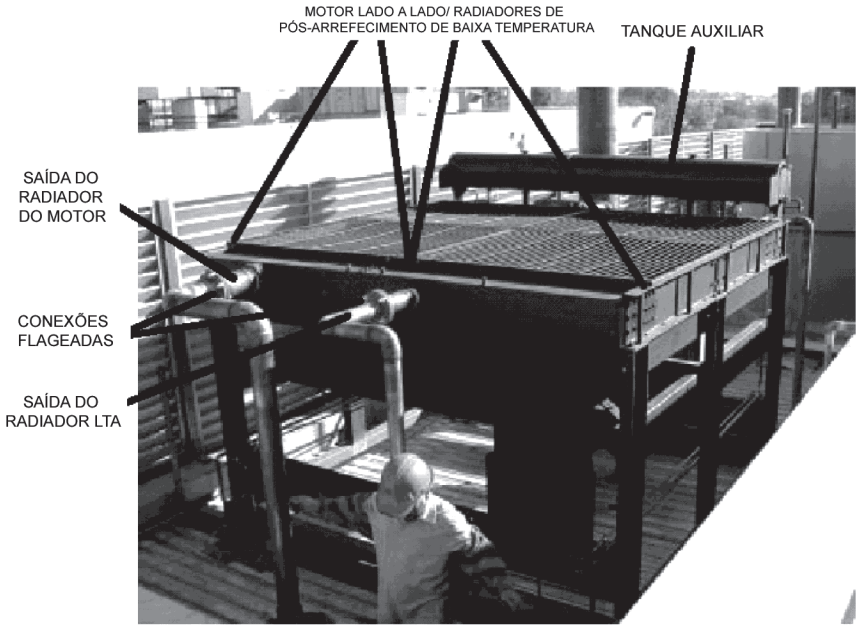

MOTOR LADO A LADO/ RADIADORES DE PÓS-ARREFECIMENTO DE BAIXA TEMPERATURA
TANQUE AUXILIAR
SAÍDA DO RADIADOR DO MOTOR
CONEXÕES FLAGEADAS
SAÍDA DO RADIADOR LTA

Figura 6-25. Exemplo de um radiador remoto horizontal.

Trocadores de calor remotos

Um trocador de calor remoto pode ser utilizado como alternativa para a instalação de um radiador remoto. Os detalhes da instalação e os requisitos são os mesmos que os especificados para um trocador de calor montado diretamente no grupo gerador. Veja o ítem **"***Trocador de calor montado no próprio grupo gerador*", neste capítulo.

Sistemas de trocadores de calor "duplos" (***"dual heat exchangers"***)

O uso de sistemas equipados com trocadores de calor "duplos" (veja a **Figura 6-26**) é recomendado apenas nos casos em que for absolutamente necessário isolar o motor do grupo gerador de seu respectivo sistema de arrefecimento remoto. Estas situações ocorrem nos casos em que são ultrapassados (excedidos) os valores limite para a pressão do líquido de arrefecimento do motor gerada pela bomba hidráulica do sistema de arrefecimento ("S*tatic Head*"). Sistemas deste tipo são difíceis de serem projetados e de serem implementados, especialmente nos casos nos quais um radiador é utilizado para arrefecer a "*água de uso industrial*" que circula pelo trocador de calor. Normalmente, em situações específicas como estas, o radiador deveria ser consideravelmente maior do que o habitual e, provavelmente, um trocador de calor "*original de fábrica*" seria inadequado.

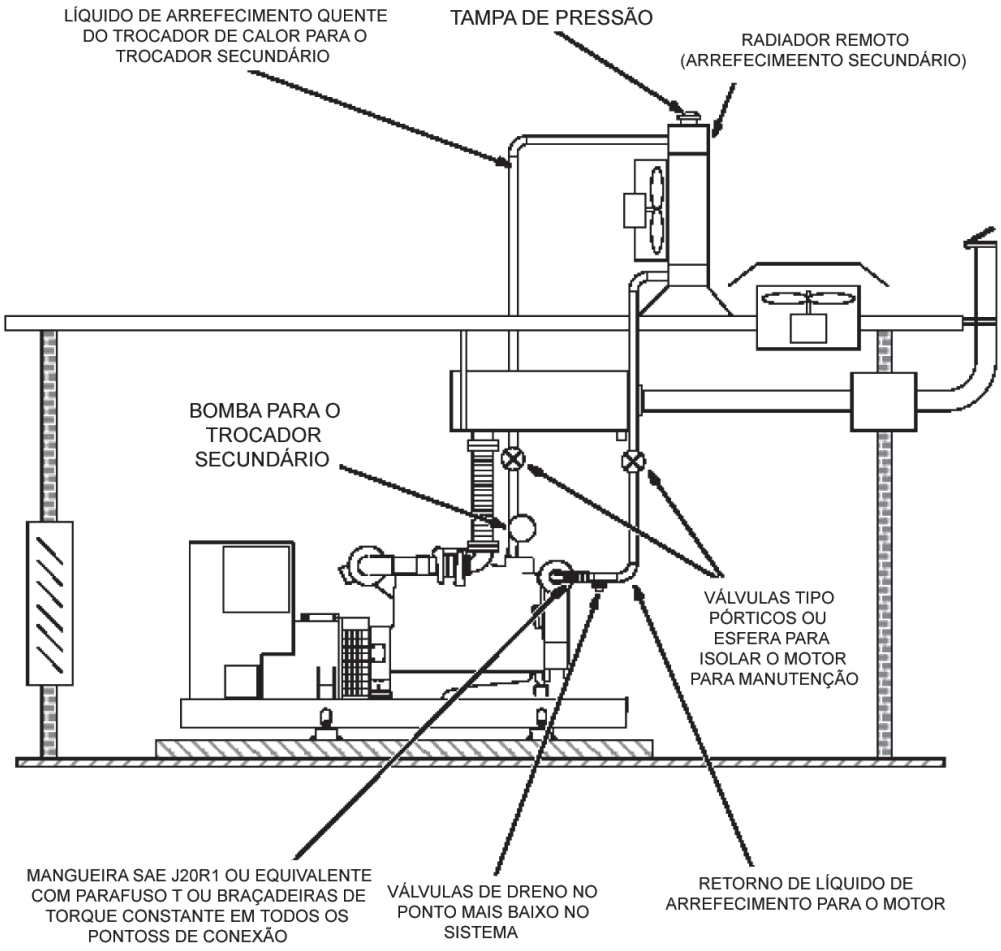

LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO QUENTE DO TROCADOR DE CALOR PARA O TROCADOR SECUNDÁRIO
TAMPA DE PRESSÃO
RADIADOR REMOTO (ARREFECIMEENTO SECUNDÁRIO)
BOMBA PARA O TROCADOR SECUNDÁRIO
VÁLVULAS TIPO PÓRTICOS OU ESFERA PARA ISOLAR O MOTOR PARA MANUTENÇÃO
MANGUEIRA SAE J20R1 OU EQUIVALENTE COM PARAFUSO T OU BRAÇADEIRAS DE TORQUE CONSTANTE EM TODOS OS PONTOSS DE CONEXÃO
VÁLVULAS DE DRENO NO PONTO MAIS BAIXO NO SISTEMA
RETORNO DE LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO PARA O MOTOR

Figura 6-26. Sistema de trocador de calor "duplo" (com radiador remoto secundário).

Requisitos para o tanque de desaeração

O ar aprisionado no líquido de arrefecimento pode causar sérios problemas ao sistema, entre eles:

- O ar aprisionado no líquido de arrefecimento acelera a erosão das passagens de água que, em consequência, causa problemas para a transferência de calor e para o de fluxo interno do líquido de arrefecimento através de seu circuito. Estes problemas aumentam a probabilidade de que ocorram falhas como: diversos tipos de desgaste no interior das camisas dos cilindros do motor ("*liner scoring*"), desgaste dos anéis de vedação dos cilindros do motor, e rachaduras/quebras nos cabeçotes dos cilindros.
- O ar aprisionado no líquido de arrefecimento reduz a quantidade de calor transferida para o líquido de arrefecimento.
- Quando aquecido, o ar aprisionado no líquido de arrefecimento se expande mais do que o próprio líquido de arrefecimento e pode causar a perda de líquido de arrefecimento pelo sistema.
- Em casos extremos, o ar aprisionado no líquido de arrefecimento pode fazer com que haja perda de líquido de arrefecimento através da bomba principal, resultando em sérios danos ao motor.

O processo normal de funcionamento do grupo gerador pode fazer com que seja introduzida uma certa quantidade de ar no interior do sistema de arrefecimento. Demais processos que também podem fazer com que haja o aprisionamento de ar no interior do sistema de arrefecimento incluem:

- Sistema de ventilação inadequado;
- Turbulência no interior do tanque de desaeração;
- Defeitos nas juntas de conexão do circuito hidráulico;
- Defeitos no selo da bomba de líquido de arrefecimento;
- Vazamentos nos mangotes dos injetores ("*injection sleeves*");
- O sistema de arrefecimento deve expurgar, "*de maneira observável*", o ar aprisionado em seu interior num intervalo de tempo de até 25 minutos após o sistema entrar em funcionamento e do preenchimento do sistema pelo líquido de arrefecimento.

Os sistemas de arrefecimento com sistema de "*desaeração positiva*" utilizam um tanque vedado para proporcionar um local para a desaeração de líquido de arrefecimento. Para maiores detalhes sobre quais grupos geradores necessitam de um sistema de "*desaeração positiva*", recomenda-se entrar em contato um distribuidor Cummins local para se ter acesso aos "*Boletins de Engenharia de Aplicação*" apropriados.

Os tanques de desaeração do sistema de arrefecimento são utilizados para remover o ar aprisionado dentro deste sistema.

Estes tanques funcionam fazendo com que haja o desvio de uma parte do fluxo total do líquido de arrefecimento para um local onde haja relativamente muito pouca turbulência, e, onde o ar se separe do líquido de arrefecimento. O líquido de arrefecimento contido neste local retorna então ao sistema para substituir o líquido de arrefecimento que é desviado para desaeração. Tudo isso ocorre num processo contínuo.

Quando se utiliza um radiador convencional de fluxo descendente (a direção do fluxo do líquido é de cima para baixo), um procedimento comum é a utilização de um tanque de desaeração integrado, que usualmente é denominado de tanque superior. Os exemplos apresentados nas **Figuras 6-27** e **6-28** ilustram este tipo de configuração.

Algumas instalações também podem utilizar um tanque de desaeração "não integrado", que usualmente é denominado de "tanque auxiliar", para desaerar o líquido de arrefecimento. Um exemplo de sistema de arrefecimento com tanque de desaeração "não integrado" é apresentado na **Figura 6-29**.

Os tanques de desaeração devem possuir algumas das seguintes características:

- O tanque de desaeração deve ser posicionado no local mais elevado do sistema de arrefecimento.
- O tanque de desaeração deve ser provido com:
  - Tampa para o abastecimento e para o controle/alívio da pressão no interior do sistema ("*pressure cap*");
  - Uma entrada de abastecimento (líquido de arrefecimento) situada no local mais elevado do sistema de arrefecimento;
  - Chave automática para o desligamento do sistema caso de nível do líquido de arrefecimento atinja o seu limite mínimo (para motores de 9 litros e maiores). O uso de uma chave automática para o desligamento do sistema caso de nível do líquido de arrefecimento atinja o seu limite mínimo irá minimizar os danos caso o sistema de arrefecimento perca pressão.
- A capacidade do tanque de desaeração deve ser equivalente a, no mínimo, 17% do volume total do líquido de arrefecimento utilizado no sistema.
- O tanque de desaeração deve ser equipado com uma janela checagem do nível, ou seja, uma janela de vidro transparente que permita observar o nível de líquido de arrefecimento do sistema. (***Nota**: Estas janelas obedecem à normas industriais e seu uso é padrão em sistemas industriais que contenham fluídos*).

Nota do tradutor: *No texto acima é feita uma referência à radiadores do tipo "fluxo descendente", no qual a direção do fluxo de arrefecimento do líquido é de cima para baixo. De fato, é possível encontrar sistemas de refrigeração industrial, para as mais diversas aplicações que utilizam sistemas com "fluxo descendente" ou "fluxo ascendente", conforme as características e especificações de seu projeto.*

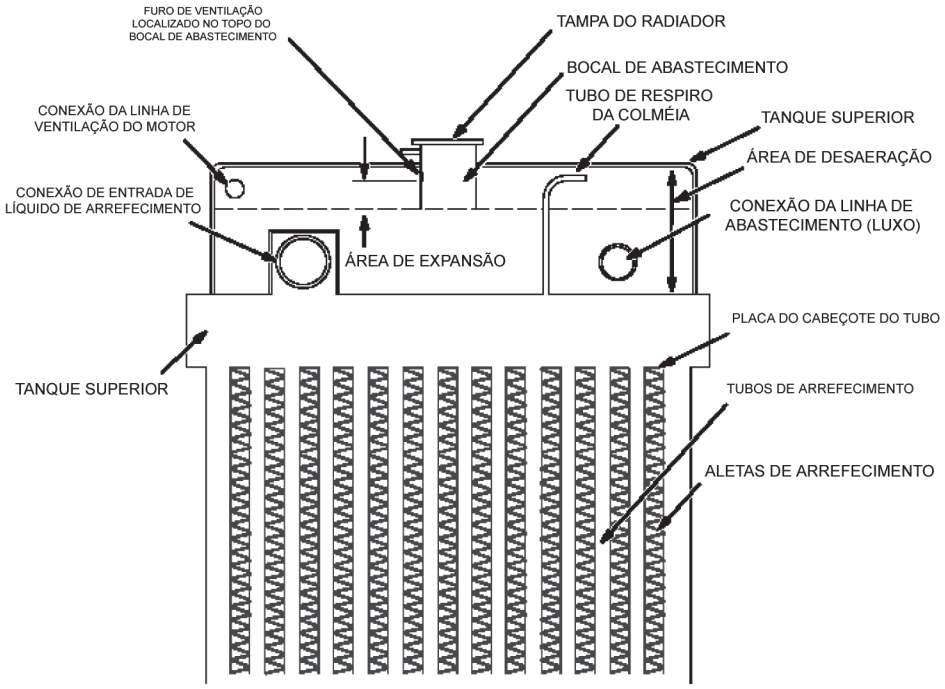

FURO DE VENTILAÇÃO LOCALIZADO NO TOPO DO BOCAL DE ABASTECIMENTO
TAMPA DO RADIADOR
BOCAL DE ABASTECIMENTO
TUBO DE RESPIRO DA COLMÉIA
CONEXÃO DA LINHA DE VENTILAÇÃO DO MOTOR
TANQUE SUPERIOR
ÁREA DE DESAERAÇÃO
CONEXÃO DE ENTRADA DE LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO
CONEXÃO DA LINHA DE ABASTECIMENTO (LUXO)
ÁREA DE EXPANSÃO
PLACA DO CABEÇOTE DO TUBO
TANQUE SUPERIOR
TUBOS DE ARREFECIMENTO
ALETAS DE ARREFECIMENTO

Figura 6-27. Configuração típica para um tanque de desaeração “integrado”.

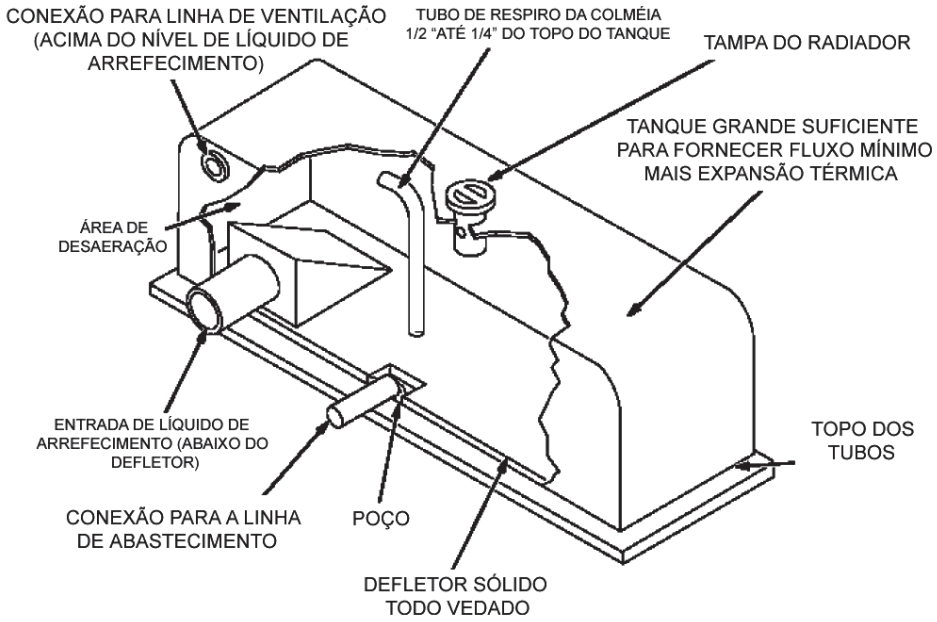
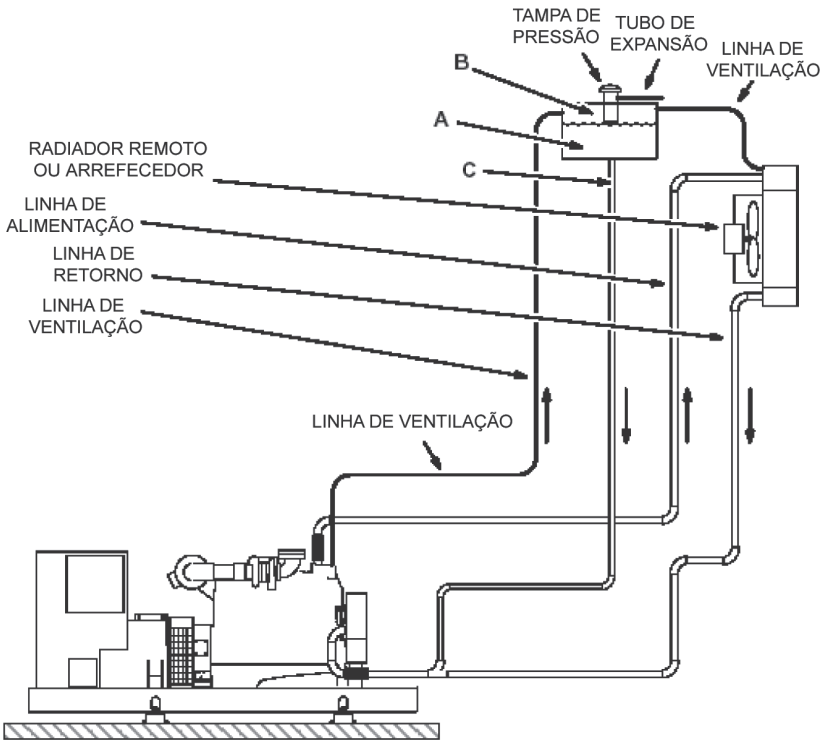

CONEXÃO PARA LINHA DE VENTILAÇÃO (ACIMA DO NÍVEL DE LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO)
TUBO DE RESPIRO DA COLMÉIA 1/2 “ATÉ 1/4” DO TOPO DO TANQUE
TAMPA DO RADIADOR
TANQUE GRANDE SUFICIENTE PARA FORNECER FLUXO MÍNIMO MAIS EXPANSÃO TÉRMICA
ÁREA DE DESAERAÇÃO
ENTRADA DE LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO (ABAIXO DO DEFLETOR)
TOPO DOS TUBOS
CONEXÃO PARA A LINHA DE ABASTECIMENTO
POÇO
DEFLETOR SÓLIDO TODO VEDADO

Figura 6-28. Configuração típica para um tanque de desaeração “integrado”. (nesta ilustração o núcleo do radiador foi omitido).



A TANQUE AUXILIAR DIMENSIONADO PARA FORNECER A CAPACIDADE DE FLUXO RECOMENDADA.

B ESPAÇO DE EXPANÇÃO DIMENSIONADO POR PROFUNDIDADE DA EXTENSÃO DO BOCAL PARA O FURO DE RESPIRO DO TANQUE PERTO DO TOPO DO TANQUE.

C LINHA DE RETORNO DO TANQUE PARA FORNECER PARA SUCÇÃO DA BOMBA. NENHUMA OUTRA TUBULACÃO NEM ACESSÓRIOS DEVEM SER CONECTADOS À ESSA LINHA.

Figura 6-29. Sistema com radiador remoto equipado com um tanque de desaeração “não-integrado”.

“Volume extra” (“*drawdown capacity*”) e “expansão térmica” do líquido de arrefecimento do motor

A capacidade do tanque de desaeração deve ser equivalente a, no mínimo, 17% do volume total do líquido de arrefecimento utilizado no sistema. Este valor corresponde a soma de um volume “extra” equivalente à 11% do volume total do líquido de arrefecimento “frio” (“*drawdown capacity*”) mais um volume de 6% equivalente à expansão térmica do volume total do líquido de arrefecimento.

A capacidade de “volume extra” (“*drawdown capacity*”) do sistema de arrefecimento corresponde à quantidade de líquido de arrefecimento que pode ser perdida caso haja aspiração de ar para dentro do circuito por meio da bomba do líquido de arrefecimento do motor.

O sistema de arrefecimento deve ser projetado de modo que quando estiver completamente frio possua uma capacidade “extra” de volume para conter o equivalente a, pelo menos, 6% do volume total do líquido de arrefecimento. Esta capacidade volumétrica adicional tem por objetivo permitir que o sistema de arrefecimento possa comportar o aumento do volume do líquido de arrefecimento causado pela sua expansão térmica.

Esta capacidade “extra” de volume do sistema de arrefecimento pode ser regulada pelo posicionamento adequado do bocal de abastecimento. Veja na figura **Figura 6-27** o local denominado “Espaço de Expansão” (indicado pela letra B). A localização da base do bocal de abastecimento estabelece onde será limite máximo do nível de líquido de arrefecimento durante o preenchimento do sistema quando ele está frio. O volume situado entre a parte inferior do topo do tanque e a base do bocal de abastecimento corresponde ao volume disponível para expansão do líquido de arrefecimento. Um furo no bocal de abastecimento permite um caminho de escape para o vapor devido ao aumento da pressão interna do circuito quando o líquido de arrefecimento se expande devido ao aquecimento. Sem que houvesse este furo, o líquido de arrefecimento se expandiria até um nível acima do bocal de abastecimento e, consequentemente, para fora da tampa do radiador.

- O bocal de abastecimento deve ter um diâmetro mínimo de 0,125 polegadas (3 mm). Ele deve estar localizado o mais próximo possível do topo do tanque.

"Desaeração" do sistema de arrefecimento

A desaeração do sistema de arrefecimento serve a diversas funções importantes:

- O expurgo do ar contido no circuito do sistema de arrefecimento do motor durante o seu preenchimento.
- A remoção contínua do ar que eventualmente penetre no circuito do sistema de arrefecimento durante a operação do grupo gerador.
- A "jaqueta" do líquido de arrefecimento que envolve o motor e quaisquer outros pontos mais elevados da tubulação do sistema de arrefecimento devem poder ser ventilados (ou, desaerados) para dentro do tanque de desaeração.
- Os desenhos e diagramas técnicos para a instalação do grupo gerador devem ser consultados antes da instalação do sistema de arrefecimento para permitir o posicionamento correto dos pontos de "desaeração" da "jaqueta" do líquido de arrefecimento e para se determinar as dimensões adequadas para os conectores utilizados para nestes locais.
- Os tubos de "desaeração" devem ser conectadas ao tanque de desaeração em um local do tanque situado acima do nível de líquido de arrefecimento.
- Os tubos de "desaeração" devem ser projetados de modo a possuir uma trajetória contínua "para cima" até chegar ao tanque de desaeração. A eventual presença de curvas muito acentuadas (ou "loops") nos tubos de "desaeração", ou, a presença de sujeira ou resíduos em seu interior podem causar o aprisionamento do ar em bolsões e isso é inaceitável.
- Os tubos de "desaeração" não devem ser apertados, estrangulados ou ter qualquer tipo de consctrição em parte alguma ao longo de sua extensão.
- Para sistemas de arrefecimento que necessitem de tubos múltiplos de "desaeração", estes tubos "NÃO" podem ser interconectados por meio de juntas do tipo "T". Cada tubo de "desaeração" deve possuir seus próprios pontos de conexão exclusivos.
- Caso sejam utilizadas válvulas de "desaeração" para expelir para a atmosfera o ar eventualmente aprisionado dentro do sistema de arrefecimento, a capacidade para o "volume extra" ("*drawdown capacity*") de líquido de arrefecimento deve ser aumentada de 11% para 14% (ou seja, capacidade do tanque de "desaeração" deve ser aumentada de 17% para 20%).
- Caso as dimensões dos tubos de "desaeração" não especificadas nos desenhos ou diagramas técnicos do projeto de instalação do grupo gerador, recomenda-se o uso de mangueiras #4 (diâmetro interno de 0,25" ou 6,35 mm) para as linhas de "desaeração" de comprimento inferior à 12 pés (3,7 m). Para linhas de "desaeração" de comprimento superior à 12 pés (3,7 m), recomenda-se o uso de mangueiras #6 (diâmetro interno de 0,375" ou 9,5 mm).

As válvulas de "desaeração", utilizadas para expelir para a atmosfera o ar eventualmente aprisionado dentro do sistema de arrefecimento, podem, algumas vezes, ser necessárias em aplicações onde é difícil ajustar a linha de "desaeração" de modo que ela tenha uma trajetória contínua em direção ascendente (para cima) ao longo de todo o comprimento do tubo até o tanque de "desaeração". A capacidade "volume extra" ("*drawdown capacity*") do tanque de "desaeração" deve ser aumentada sempre que se utilizar este tipo de válvula de "desaeração", pois este tipo de válvula permite que haja perda de líquido de arrefecimento durante a operação do sistema.

Abastecimento do sistema de arrefecimento

Proceder conforme a maneira correta de abastecimento do sistema de arrefecimento é fundamental para ajudar a prevenir o aprisionamento de ar em seu interior. Recomenda-se a instalação de uma tubulação para o abastecimento que permita que o sistema seja abastecido de "baixo para cima", e ajude na redução do risco de aprisionamento de ar durante o abastecimento do sistema.

- O sistema de arrefecimento deve ter características que permitam que o seu "abastecimento inicial" consiga preencher, pelo menos, 90% de sua capacidade total, com um fluxo mínimo de 5 gpm (20 litros/minuto). Depois de atingidos os 90%, conforme especificado acima, o abastecimento pode ser então completado até 100%.
- O sistema de arrefecimento deve possuir uma tubulação de abastecimento com as seguintes características:
  - A tubulação de abastecimento deve ser conectada diretamente desde a base do tanque de desaeração até um trecho de secção reta da tubulação do líquido de arrefecimento situado próximo à entrada de admissão da bomba do líquido de arrefecimento do motor.
  - A tubulação de abastecimento deve ter uma subida contínua desde o tubo de admissão do motor até o tanque de desaeração.
  - Nenhuma outra tubulação deve ser conectada à tubulação de abastecimento.

Os motores que possuem um fluxo de líquido de arrefecimento "menor" que 200 galões/minuto (757 litros/minuto), em geral, utilizam uma tubulação com diâmetro interno de 0,75 pol (19 mm). Os motores que possuem um fluxo de líquido de arrefecimento "maior" que 200 galões/minuto (757 litros/minuto) utilizam uma tubulações com diâmetro interno entre 1 e 1,5 pol (25 mm a 38 mm). Estas informações correspondem apenas à diretrizes gerais. Deve-se verificar se a instalação do sistema de arrefecimento possui, de fato, a capacidade de suprir o fluxo necessário para preencher o circuito no tempo especificado. Caso a tubulação esteja dimensionada ou configurada de maneira incorreta, o sistema não será abastecido de modo apropriado. Um fluxo reverso na tubulação de abastecimento pode causar o transbordamento do tanque de desaeração.

Limpeza do sistema de arrefecimento

A presença de qualquer material estranho no sistema de arrefecimento em seu interior irá degradar o desempenho do sistema de arrefecimento e poderá resultar em danos severos ao grupo gerador.

- As tubulações externas do líquido de arrefecimento e as respectivas conexões devem ser limpas antes de serem conectadas ao grupo gerador.

Arrefecimento do combustível

Muitos grupos geradores necessitam do uso de um sistema de arrefecimento de combustível para manter as temperaturas de admissão do combustível em conformidade com os valores exigidos pelo equipamento. Consulte a "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador para determinar se um arrefecedor de combustível é necessário e os requisitos do projeto que deverão ser atendidos para a seleção correta do arrefecedor. Caso seja necessário, o arrefecedor de combustível deverá ser incluído no projeto do sistema de arrefecimento e, de certo, tornará o projeto do sistema mais complexo.

Em geral, é inviável ou até mesmo contra as normas técnicas enviar combustível por uma tubulação até um local onde será feito o arrefecimento remoto. Há duas maneiras possíveis para se lidar com o problema da necessidade de arrefecimento de combustível:

- Incluir um radiador de arrefecimento de combustível e um ventilador dentro do recinto do grupo gerador e levar em conta o expurgo desta quantidade adicional de calor no projeto de ventilação do recinto.
- Utilizar um trocador de calor para o arrefecimento do combustível, equipado com um radiador remoto, ou então, um trocador de calor com uma fonte de água independente da utilizada para resfriar o líquido de arrefecimento.

Interconexão entre sistemas de arrefecimento

Para locais onde estão instalados diversos grupos geradores, é ***inaceitável*** o uso de um sistema "central" de arrefecimento para ser compartilhado entre os vários grupos geradores.

- Cada grupo gerador deve ter o seu próprio sistema de arrefecimento completo. Jamais devem ser instalados sistemas compostos por múltiplos grupos geradores compartilhando um sistema de arrefecimento comum.

Líquido de arrefecimento

- Para um arrefecimento adequado e para proteção do líquido de arrefecimento contra congelamento ou ebulição devem ser utilizadas misturas de etileno-glicol ou propileno-glicol com água de "alta qualidade".
- Serão necessários aditivos suplementares para o líquido de arrefecimento (SCA's) para motores equipados com camisas nos cilindros do motor.

Os grupos geradores não devem ser arrefecidos com água "não tratada", pois isso pode causar corrosão, cavitação, e a formação de depósitos de resíduos minerais na tubulação de arrefecimento, assim como, um arrefecimento inadequado do motor. Devem ser utilizadas misturas de etileno-glicol ou propileno-glicol com água de "alta qualidade". Para maiores detalhes sobre os requisitos específicos para a água de "alta qualidade" e demais detalhes técnicos sobre o líquido de arrefecimento, consulte a versão mais recente do Boletim de Serviço #3666132, "*Requisitos e Manutenção de Líquido de Arrefecimento Cummins*".

A **Tabela 6-4** apresenta uma análise comparativa entre as temperaturas de congelamento e de ebulição para diferentes concentrações de misturas para o líquido de arrefecimento. Deve-se notar que as temperaturas de ebulição aumentam com o aumento da pressão no interior do sistema de arrefecimento. A "água pura" é incluída nesta tabela para servir de referência. O anti-congelante composto pela mistura de propileno-glicol e água é menos tóxico do que o anti-congelante composto pela mistura de etileno-glicol e água, e, proporciona um desempenho equivalente para o sistema de arrefecimento. Todavia, como pode ser observado pelos dados da **Tabela 6-4**, a mistura de propileno-glicol e água oferece uma proteção ligeiramente inferior contra o congelamento e contra a ebulição do líquido de arrefecimento.

Propriedade	Etileno Glicol (% por volume)			Propileno Glicol (% por volume)			Água pura
Concentração de Glicol	**40**	**50**	**60**	**40**	**50**	**60**	**0**
Temperatura de congelamento °F (°C)	**-12 (-24)**	**-34 (-37)**	**-62 (-52)**	**-6 (-21)**	**-27 (-33)**	**-56 (-49)**	**32 (0)**
Temperatura de Ebulição °F (°C) - Pressao Atmosférica	**222 (106)**	**226 (108)**	**232 (111)**	**219 (104)**	**222 (106)**	**225 (107)**	**212 (100)**
Temperatura de Ebulição °F (°C) com 14 psi (96,5kPa) na tampa de pressão	**259 (126)**	**263 (128)**	**268 (131)**	**254 (123)**	**257 (125)**	**261 (127)**	**248 (120)**

Tabela 6-4. Propriedades da mistura anti-congelante.

Manual Nº T030G_PT (Rev. Dez/2011)
Traduzido do manual Nº T030G (Rev. Jan/2011)

Aquecedores para o líquido de arrefecimento

Em geral, os aquecedores para o líquido de arrefecimento do motor, controlados por meio de termostatos, são utilizados para melhorar a partida do grupo gerador e a melhorar a sua característica de "aceitação de carga". Na **Figura 6-30** é apresentada uma foto ilustrativa deste tipo de equipamento.

Conforme o ilustrado na **Figura 6-30**, pode ser utilizada uma válvula de isolamento no aquecedor para evitar a drenagem de todo o líquido de arrefecimento do sistema a cada vez que seja feita a manutenção do equipamento aquecedor. Caso uma válvula de isolamento seja utilizada, ela deve ser fechada somente nas ocasiões em que o aquecedor estiver em manutenção e tiver de ser isolado. Em todos os outros momentos esta válvula deve permanecer aberta.

As normas técnicas locais podem exigir a instalação de aquecedores para o líquido de arrefecimento utilizado por grupos geradores utilizados em aplicações dos tipos "Emergência" e "Standby". Por exemplo, nos EUA, a norma NFPA 110 estabelece que o líquido de arrefecimento utilizado por sistemas de energia de emergência classificados como "Nível 1" seja mantido a uma temperatura mínima de 90°F (32°C).

A norma NFPA 110 também exige a instalação de um alarme indicador para quando a temperatura do motor estiver abaixo de um limite mínimo especificado.

- Os aquecedores do líquido de arrefecimento devem ser instalados em aplicações dos tipos "Emergência" e/ou "Standby" para assegurar uma boa partida do motor do grupo gerador (este recurso é opcional em locais de climas tropicais, ou mais quentes, a menos que isso seja obrigatório por normas locais).
- A mangueira do aquecedor do líquido de arrefecimento não deve ser instalada de modo que **não** hajam curvas muito acentuadas ("*loops*"), e, o fluxo do líquido dentro da mangueira deve seguir contínuamente "para cima".
- As conexões para o aquecedor de líquido de arrefecimento devem ser feitas utilizando-se mangueira de silicone de "alta qualidade" ou mangueira com reforço de fio trançado.
- O aquecedor do líquido de arrefecimento deve ser desligado nos períodos nos quais o grupo gerador estiver em funcionamento.

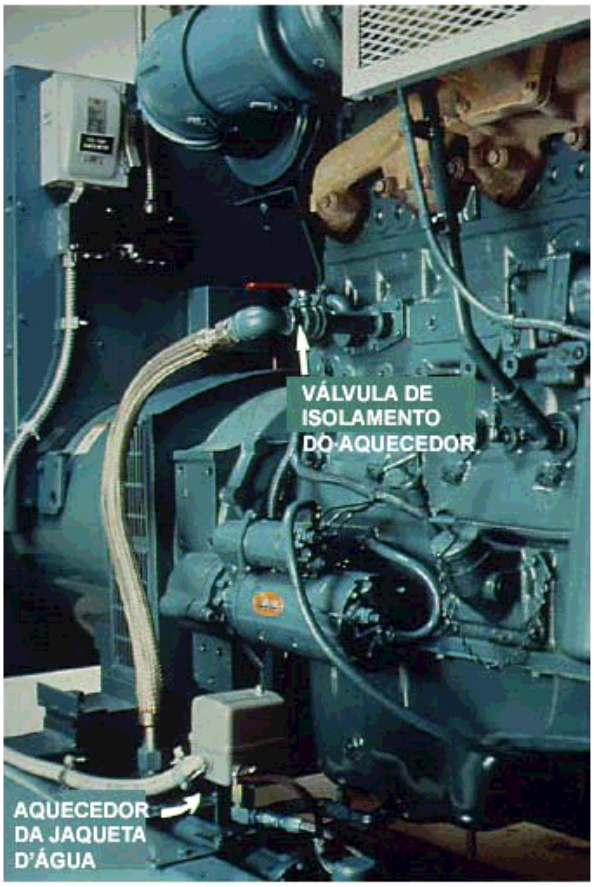


Figura 6-30. Instalação do aquecedor para o líquido de arrefecimento. (Na foto estão indicados a válvula de isolamento, o tipo de mangueira, e o trajeto da mangueira).

Altitude e temperatura ambiente

A altitude e a temperatura no local da instalação afetam a densidade do ar ao redor do grupo gerador, o que, em consequência, afeta o motor, o alternador e o desempenho do sistema de arrefecimento.

- O sistema de arrefecimento do motor deve ser projetado de modo que possa ser calibrado ou configurado para se adaptar à altitude e à temperatura ambiente do local da instalação.

À medida em que aumenta a altitude a densidade do ar atmosférico diminui. Esta diminuição ("rarefação") na densidade do ar pode causar problemas para obter o fluxo de ar necessário para a refrigeração e pode obrigar a que o grupo gerador seja utilizado em condições operacionais abaixo de sua classificação nominal. Ou seja, a utilização do equipamento em atmosfera rarefeita reduz a sua capacidade nominal (*que, normalmente, é estabelecida nas condições normais de temperatura e pressão*).

Em grandes altitudes, a pressão atmosférica reduzida faz com que haja uma diminuição a temperatura de ebulição do líquido de arrefecimento. Pode ser necessária a utilização de uma tampa de controle da pressão com classificação mais elevada. Na **Figura 6-31** é apresentado um gráfico que exemplifica os efeitos da pressão atmosférica sobre a temperatura de ebulição da água. As misturas de líquido de arrefecimento estão sujeitas a efeitos similares.

O sistema de arrefecimento deve ser capaz de fornecer uma refrigeração suficiente sempre que o equipamento estiver funcionando com carga máxima, mesmo sob condições de temperatura ambiente máximas. Caso o grupo gerador já esteja equipado com um sistema de arrefecimento "original de fábrica", deve-se confirmar se é possível fazer a adaptação deste sistema para a altitude e temperatura ambiente do local da instalação.

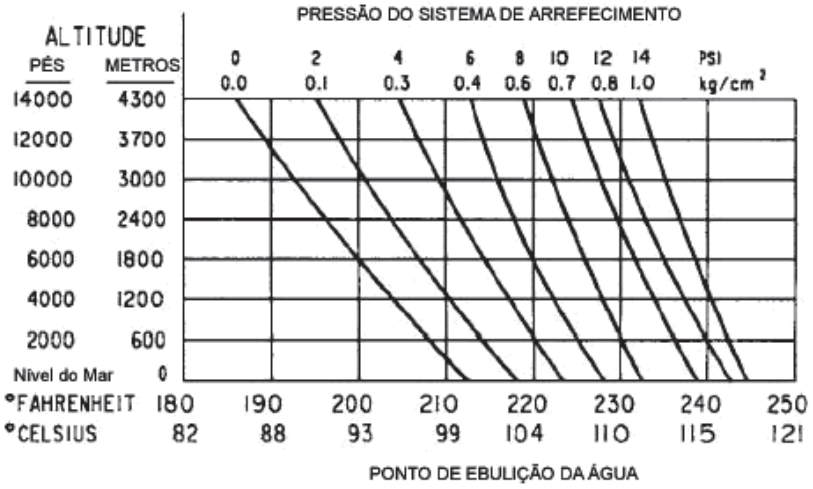


Figura 6-31. Temperatura de ebulição da água em função da altitude e da pressão no interior do sistema.

É importante compreender a definição de "temperatura ambiente" e o que este parâmetro significa para o projeto e para o desempenho do sistema de arrefecimento. Para uma instalação "aberta" de um grupo gerador (ou seja, um grupo gerador instalado sem a proteção de um contêiner ou de uma carenagem) com um radiador "original de fábrica", a "temperatura ambiente" (*em torno do grupo gerador, e não a temperatura ambiente atmosférica*) é definida como o valor médio das temperaturas medidas a 3 pés de distância dos cantos do grupo gerador (*longo das direções que se projetam num ângulo de 45° a partir de cada um dos 4 cantos do grupo gerador, dado que o mesmo tem um formato relativamente retangular*) e a 3 pés de distância do piso. Para grupos geradores instalados em contêineres ou carenagens, a "temperatura ambiente" é, em geral, medida na entrada de ar destes compartimentos de proteção. É importante ressaltar que o ar que flui através do radiador pode estar a uma temperatura significativamente mais elevada que a "temperatura ambiente". A temperatura do ar que flui em torno do grupo gerador aumenta enquanto ele flui para o interior do recinto (ou da carenagem) e ao longo do equipamento, de trás para frente (desde o final do alternador até o final do radiador). Por esta razão, muitos radiadores "originais de fábrica" são projetados para funcionar com uma temperatura dentro do núcleo (*na colméia*) do radiador entre 15 a 30°F (8 a 17°C) acima da temperatura ambiente especificada para o sistema de arrefecimento. A **Figura 6-32** exibe uma representação da diferença entre a "temperatura ambiente" e a temperatura no interior do radiador para um sistema de arrefecimento "original de fábrica".

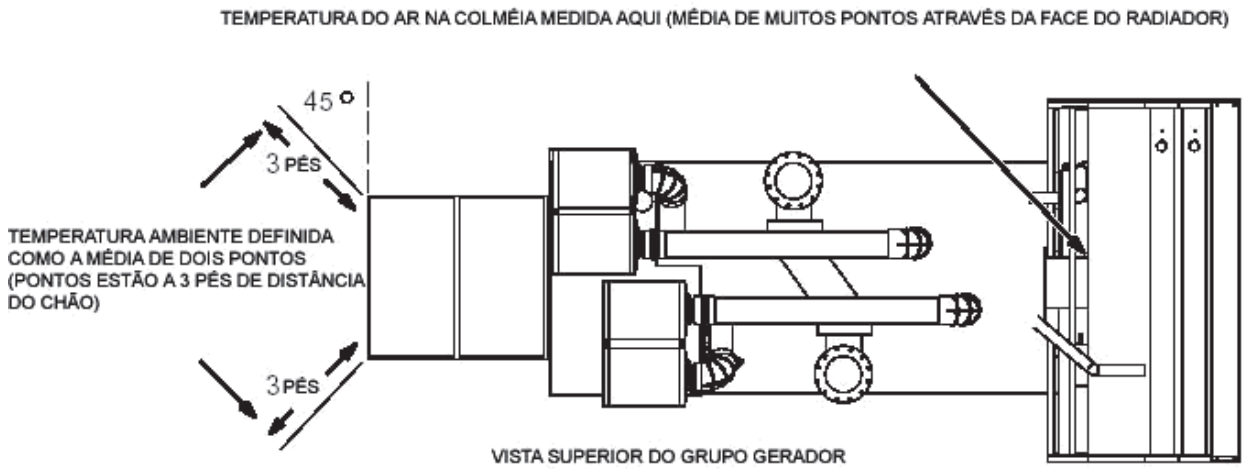

TEMPERATURA DO AR NA COLMÉIA MEDIDA AQUI (MÉDIA DE MUITOS PONTOS ATRAVÉS DA FACE DO RADIADOR)
45°
3 PÉS
TEMPERATURA AMBIENTE DEFINIDA COMO A MÉDIA DE DOIS PONTOS (PONTOS ESTÃO A 3 PÉS DE DISTÂNCIA DO CHÃO)
3 PÉS
VISTA SUPERIOR DO GRUPO GERADOR

Figura 6-31. "Temperatura ambiente" versus "temperatura no núcleo do radiador" ("air-on-core temperature").

Para os radiadores que não são "originais de fábrica", a temperatura crítica deve ser considerada como a temperatura nominal de operação no núcleo do radiador ("*air-on-core temperature*"), conforme o especificado na documentação técnica para este radiador. O radiador deve ser selecionado de modo a satisfazer as especificações de arrefecimento para esta temperatura nominal de operação ("*air-on-core temperature*"), que pode ser significativamente mais elevada que a "temperatura ambiente", determinada conforme os critérios discutidos no início deste texto. É de responsabilidade do projetista do sistema assegurar que essas especificações sejam devidamente atendidas.

A temperatura no interior do radiador ("*air-on-core temperature*") corresponde ao valor médio das temperaturas em diversos locais do radiador. Este critério tem por objetivo evitar que o ponto de referência para a medida da temperatura no interior do radiador corresponda, eventualmente, a um local onde a temperatura esteja muito acima ("ponto quente") ou muito abaixo ("ponto frio") da média. Por exemplo, a temperatura do ar no centro da face do radiador pode estar significativamente mais elevada que a temperatura do ar próximo às extremidades da face do radiador.

Em locais de clima frio, podem ser utilizados aquecedores para o líquido de arrefecimento para melhorar a partida e a aceitação de carga. Para maiores detalhes, consulte o ítem "*Aquecedores do Líquido de Arrefecimento*", neste capítulo.

Para detalhes adicionais sobre os efeitos da altitude e da temperatura no funcionamento de um grupo gerador, consulte a seção "*Condições do Ambiente*", neste manual.

"Temperatura Ambiente Limite" (LAT) para o funcionamento do sistema

A "Temperatura Ambiente Limite" (LAT) para o funcionamento do sistema corresponde ao valor máximo da "temperatura ambiente" para o qual o sistema de arrefecimento é capaz de proporcionar ao grupo gerador um arrefecimento adequado que permita ao grupo gerador um funcionamento contínuo em conformidade com sua potência nominal.

Para valores de "temperatura ambiente" acima do valor definido para "Temperatura Ambiente Limite" (LAT) a temperatura máxima do tanque superior será excedida caso o grupo gerador permaneça em funcionamento à plena carga. O valor da temperatura máxima do tanque superior é especificado na "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador.

Para sistemas equipados com radiador "original de fábrica", a "Temperatura Ambiente Limite" (LAT) está apresentada em função da "restrição ao fluxo de ar" na "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador. Para sistemas equipados com radiador que **não** seja "original de fábrica", recomenda-se entrar em contato com o distribuidor Cummins local para ter acesso aos BEAs ("Boletins de Engenharia de Aplicação") que contenham as especificações para os procedimentos de teste necessários para se determinar determinar a "Temperatura Ambiente Limite" (LAT) do sistema.

Arrefecimento do alternador

O alternador exige um fluxo constante de ventilação, com ar fresco, para evitar o seu superaquecimento. Para maiores detalhes, consulte a seção "*Ventilação*", neste manual.

Obstruções no sistema de arrefecimento

Tanto o radiador como outros equipamentos "sensíveis" devem ser protegidos da contaminação por sujeira e outros detritos. Sistemas que estejam sujos poderão não funcionar com a sua máxima eficiência, levando o grupo gerador a uma redução em seu desempenho e prejudicando a economia de combustível. O radiador deve ser protegido contra a contaminação por sujeira, detritos e também contra a contaminação por vapores oriundos do "respiro" do cárter que poderiam obstruir ou entupir a colméia do radiador. Para detalhes adicionais sobre filtragem do ar e sobre a ventilação do cárter do motor consulte a seção "*Ventilação*", neste manual.

Manutenção do sistema de arrefecimento

- As válvulas do sistema de arrefecimento devem ser marcadas (pintura, selo adesivo, alto relevo, etc.) com indicações muito "visíveis" que permitam identificar as posições "aberta" e "fechada".
- O sistema de arrefecimento deve ter um fácil acesso para limpeza e manutenção de todo equipamento.
- Devem ser instaladas válvulas de drenagem/isolamento para permitir a manutenção do grupo gerador sem que haja a necessidade de drenar todo líquido do sistema de arrefecimento.

Os recursos para drenagem e isolamento do líquido contido no sistema de arrefecimento são especialmente importantes para os sistemas de arrefecimento remotos. Drenar todo o líquido de arrefecimento de um sistema como este pode ter um custo muito elevado. As diversas ilustrações apresentadas nesta seção que descreve o "Sistema de Arrefecimento do Grupo Gerador" indicam as localizações das válvulas de drenagem e isolamento utilizadas neste tipo de aplicação. É importante ressaltar que todas as válvulas devem ser colocadas novamente em seu modo operacional tão logo terminem os procedimentos de manutenção.
O espaço disponível para se ter acesso ao sistema durante os procedimentos de limpeza e manutenção deve ser suficiente para permitir a remoção da colméia do radiador. Para alguns grupos geradores, este requisito poderá fazer com que haja necessidade de um espaço de acesso grande o bastante para a utilização de equipamentos e ferramentas de grande porte para a remoção da colméia.

Aplicações em "serviços externos"

- Sempre que um grupo gerador for utilizado em um "serviço externo", é preciso prestar especial atenção à durabilidade e robustez do equipamento.

Nas aplicações em "serviços externos" pode ser necessário solucionar muitos problemas que, normalmente, não são encontrados nas instalações de grupos geradores estacionários. As vibrações características das aplicações em "serviços externos" podem submeter o grupo gerador a forças que podem danificar o equipamento. O radiador, a tubulação do líquido de arrefecimento, as conexões da mangueira e demais equipamentos devem ser projetados e especificados especialmente para suportar estas forças. Para maiores detalhes, consulte a seção "*Aplicações Especiais - Serviço Externo*", neste manual.

Arrefecimento do motor

Os sistemas de arrefecimento dos grupos geradores equipados com "motores convencionais" (do tipo composto por pistões e virabrequim) possuem diversas características em comum, independente do tipo de trocador de calor utilizado para remover o calor do motor. Dentre estas características podemos listar:

- A parte do motor que é resfriada pelo sistema de arrefecimento é composta por um circuito fechado e pressurizado (10 a 14 psi / 69,0 a 96,6 kPa), que é abastecido por uma mistura de água desmineralizada aditivada com etileno-glicol ou propileno-glicol e outros alguns aditivos. Os motores **não** devem ser arrefecidos com água "não tratada" pois isto pode provocar a corrosão de partes do motor e proporcionar um arrefecimento inadequado. O "lado frio" do sistema de arrefecimento pode ser equipado simplesmente com um radiador, um trocador de calor ou uma torre de arrefecimento.
- O sistema de arrefecimento do motor deve ser dimensionado adequadamente conforme o tipo de ambiente onde será utilizado e componentes selecionados para compor o equipamento gerador de energia. Em geral, a temperatura no tanque superior do sistema (temperatura na entrada do motor) não deve exceder o valor de 220°F (104°C) para aplicações do tipo "Standby" e 200°F (93°C) para instalações do tipo "Energia Prime".
- O sistema de arrefecimento deve incluir recursos para "desaeração" e "expurgo" para evitar o acúmulo de ar aprisionado dentro do circuito hidráulico do sistema de arrefecimento do motor. Este aprisionamento de ar pode ocorrer devido ao fluxo turbulento do líquido de arrefecimento.
  Este sistema de "desaeração" também deve permitir o abastecimento apropriado do sistema de arrefecimento do motor. Isto significa que, além da tubulação primária para a entrada de líquido de arrefecimento e das conexões de saída, existe ainda a possibilidade de haver, pelo menos, mais um grupo de linhas de ventilação que conduzam ao ponto mais elevado do sistema de arrefecimento. Consulte as especificações técnicas do fabricante do motor mecânico do grupo gerador quanto às características do modelo específico de motor utilizado para usado para obter as especificaçõa devidamente detalhadas[10]. Na **Figura 6-33** é apresentada uma representação esquemática das tubulações de arrefecimento e de "desaeração" para um motor "típico".

10) As especificações técnicas para "desaeração" e "expurgo" de ar do sistema de arrefecimento para os motores Cummins podem ser encontradas nos documentos BEA's da Cummins (Boletins de Engenharia de Aplicação, ou AEB's que corresponde à sigla em inglês).

- Em geral, o motor do grupo gerador utiliza um termostato para o controle de sua temperatura de funcionamento.
- O projeto do sistema de arrefecimento deve levar em conta a expansão volumétrica do líquido de arrefecimento resultante da elevação da temperatura do motor. O projeto deve incluir o acréscimo de um "volume extra" equivalente a 6% do volume normal e necessário para o líquido de arrefecimento.
- O sistema de arrefecimento deve ser projetado de modo que a pressão gerada na saída da bomba de líquido de arrefecimento do motor seja sempre positiva. Ou seja, a pressão jamais deve ser negativa, caso contrário, o fluxo do líquido de arrefecimento seria revertido.
- A obtenção de valores apropriados para o fluxo do líquido de arrefecimento do motor dependem das perdas no valor da pressão no interior do circuito causadas devido ao efeito da gravidade (esta queda na pressão é causada pela elevação do líquido até a altura máxima do circuito, e é, também, denominada de "coluna estática") e devido ao "atrito viscoso" líquido de arrefecimento do motor no interior do sistema. Não será possível arrefecer adequadamente o grupo gerador caso a perda de pressão do líquido de arrefecimento devido a estes dois efeitos ultrapasse um determinado valor limite.
  O fabricante do motor deve ser consultado para se obter informações mais detalhadas sobre como estes fatores influenciam na seleção de um grupo gerador específico. Para mais informações sobre o dimensionamento da tubulação do líquido de arrefecimento e o cálculo das perdas de pressão devidas ao efeito da gravidade e do "atrito viscoso", consulte o ítem "*Cálculos e Dimensionamento da Tubulação de Arrefecimento*", neste capítulo.
- O sistema de arrefecimento do motor e os sistemas de arrefecimento remoto devem ser fornecidos com os recursos adequados para a drenagem e isolamento do circuitos hidráulicos quando houver a necessidade de reparos ou manutenção preventiva do motor. Em diversas ilustrações apresentadas neste capítulo podem ser encontrados exemplos da localização dos drenos e das válvulas utilizadas mais frequentemente em diversos tipos de aplicação.

Radiador montado no chassis

Um grupo gerador com um radiador montado no seu chassis (**Figura 6-34**) forma um sistema integrado contendo o sistema de arrefecimento e o sistema de ventilação montados sobre o chassi. Em geral, um sistema de arrefecimento equipado com um radiador montado no próprio chassis do grupo gerador é considerado como um sistema de arrefecimento mais "confiável" e de menor custo para ser utilizado em grupos geradores, pois exige menor quantidade de equipamentos auxiliares, tubulações, fiação de controle e líquido de arrefecimento. Além disso, minimiza o trabalho de manutenção do sistema de arrefecimento do grupo gerador. Em geral, o ventilador do radiador é movido mecanicamente pelo próprio motor do grupo gerador, simplificando ainda mais o projeto de todo o equipamento. Alguns tipos de aplicação utilizam ventiladores elétricos para permitir um controle mais flexível e conveniente do ventilador conforme ocorram mudanças na temperatura do líquido de arrefecimento do motor. Este recurso é especialmente útil para equipamentos instalados em ambientes extremamente frios.

Como, em geral, o fabricante do grupo gerador projeta o sistema de arrefecimento montado diretamente no chassis do grupo gerador, os protótipos podem ser testados em um ambiente de laboratório para se verificar o desempenho geral do sistema. Um ambiente de laboratório devidamente equipado com os instrumentos necessários e que proporcione um ambiente devidamente controlado é bastante útil para se verificar o desempenho de um sistema de arrefecimento. Em geral, as limitações físicas do local da instalação podem comprometer a precisão ou a praticidade de se realizarem testes de desempenho de um determinado projeto no local da instalação.

A principal desvantagem de um radiador montado diretamente no chassis de um grupo gerador é a necessidade de movimentar volumes relativamente grandes de ar no interior do recinto do gerador. O fluxo de ar através do recinto deve ser suficiente para dissipar o calor irradiado pelo grupo gerador e remover o calor do líquido de arrefecimento do motor.

Para maiores detalhes sobre o projeto do sistema de ventilação e os cálculos necessários para o projeto do sistema de ventilação consulte o ítem "*Ventilação*", neste capítulo. Normalmente, o ventilador do motor fornece a ventilação suficiente para o recinto do equipamento, eliminando a necessidade de outros dispositivos e sistemas de ventilação complementares.

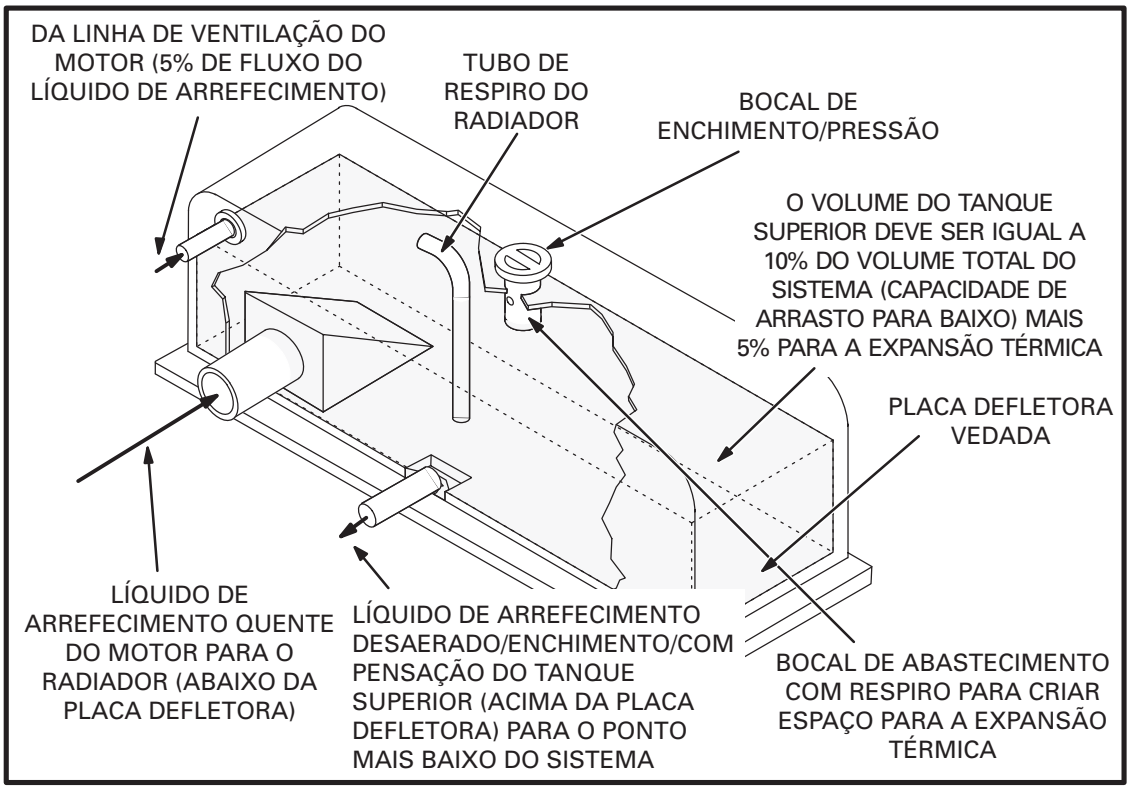

DA LINHA DE VENTILAÇÃO DO MOTOR (5% DE FLUXO DO LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO)
TUBO DE RESPIRO DO RADIADOR
BOCAL DE ENCHIMENTO/PRESSÃO
O VOLUME DO TANQUE SUPERIOR DEVE SER IGUAL A 10% DO VOLUME TOTAL DO SISTEMA (CAPACIDADE DE ARRASTO PARA BAIXO) MAIS 5% PARA A EXPANSÃO TÉRMICA
PLACA DEFLETORA VEDADA
LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO QUENTE DO MOTOR PARA O RADIADOR (ABAIXO DA PLACA DEFLETORA)
LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO DESAERADO/ENCHIMENTO/COM PENSAÇÃO DO TANQUE SUPERIOR (ACIMA DA PLACA DEFLETORA) PARA O PONTO MAIS BAIXO DO SISTEMA
BOCAL DE ABASTECIMENTO COM RESPIRO PARA CRIAR ESPAÇO PARA A EXPANSÃO TÉRMICA

Figura 6-33. Tipo de “desaeração” no tanque superior do radiador.

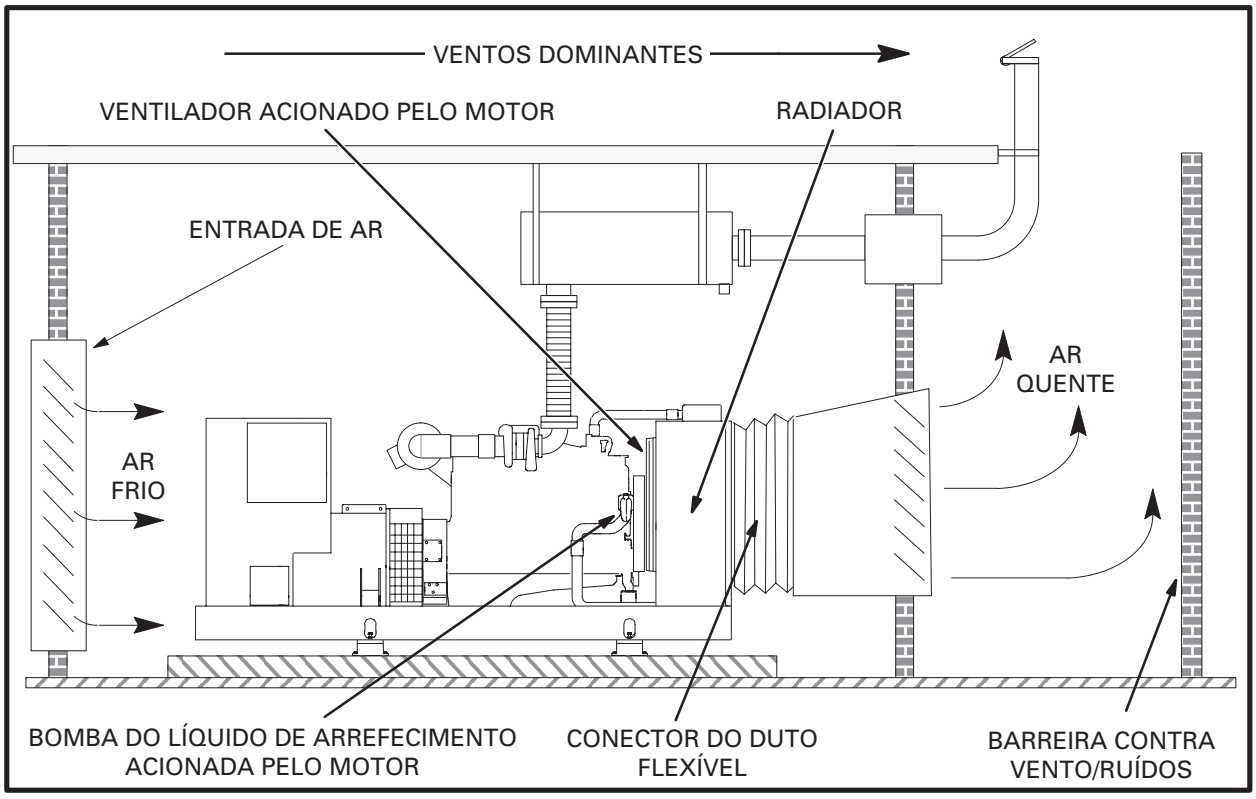


Figura 6-34. Sistema de arrefecimento com radiador “original de fábrica”.

Radiador remoto

Em geral, sistemas equipados com radiador remoto são utilizados em aplicações (e instalações) nas quais um sistema "convencional" equipado com radiador montado diretamente no chassis não conseguiria obter uma ventilação suficientemente intensa para proporcionar o arrefecimento necessário. *Os radiadores remotos não eliminam a necessidade de um sistema de ventilação para o recinto do grupo gerador, todavia podem fazer com que possa ser necessário um sistema com menor capacidade.* Caso seja necessário o uso de um sistema de arrefecimento com radiador remoto, a primeira providência ao se iniciar o projeto seria é determinar qual o tipo de sistema remoto é o mais adequado. Isto pode ser feito calculando-se os valôres da pressão gerada pela bomba hidráulica ("*static head*") e das perdas de pressão por "atrito viscoso" ("*friction head*") do líquido de arrefecimento do motor tomando como referência as características da instalação física do sistema.

Caso os cálculos demonstrem que o grupo gerador selecionado para a aplicação pretendida possa ser conectado a um radiador remoto sem exceder os valores limite para a pressão gerada pela bomba hidráulica ("*static head*") e para as perdas de pressão por "atrito viscoso" ("*friction head*") do líquido de arrefecimento do motor, poderá ser utilizado um sistema de radiador remoto simples. Na **Figura 6-35** é apresentado um exemplo.

Caso os cálculos demonstrem que será ultrapassado o valor limite para as perdas de pressão por "atrito viscoso" ("*friction head*") do líquido de arrefecimento do motor, todavia, não sendo excedido o valor limite para a pressão gerada pela bomba hidráulica devido ao efeito da gravidade ("*static head*"); poderá ser utilizado um sistema composto por um radiador remoto e uma bomba auxiliar para o líquido de arrefecimento do motor. Um exemplo deste tipo de montagem pode ser visto na **Figura 6-33**. Para maiores detalhes consulte o ítem "*Radiador Remoto com Bomba Auxiliar para o Líquido de Arrefecimento*", nesta seção.

Caso os cálculos demonstrem que serão ultrapassados os valores limite para a pressão gerada pela bomba hidráulica ("*static head*") e para as perdas de pressão por "atrito viscoso" ("*friction head*") do líquido de arrefecimento do motor; será necessária a utilização de um sistema isolado de arrefecimento para o grupo gerador. Isto pode incluir um radiador remoto equipado com um "*hot well*", ou um sistema de arrefecimento baseado em um trocador de calor do tipo líquido-líquido.

Nota do tradutor: *No texto acima, assim como nas páginas seguintes é feita referência à um dispositivo denominado "hot well". Este dispositivo corresponde ao tanque de armazenamento do líquido proveniente de um condensador ou de um radiador em um sistema composto por um circuito hidráulico fechado. O líquido aquecido, é armazenado no interior deste tanque, para que seja submetido a um resfriamento e, posteriormente, retorna ao circuito hidráulico.*
Há diversos textos técnicos, em português, que usam uma versão traduzida deste termo (ou seja, "poço quente"), todavia, boa parte da literatura técnica faz uso do termo original em inglês.
Neste manual, o nome original em inglês, "hot well", é mantido.

Qualquer que seja o sistema selecionado, a utilização de um radiador remoto para arrefecer o motor irá exigir um projeto cuidadoso. Em geral, todas as recomendações válidas para radiadores montados no chassi também se aplicam aos radiadores remotos.

Qualquer que seja o tipo de sistema equipado com radiador remoto, deve-se considerar os seguintes fatores:

- Recomenda-se que o radiador e o ventilador sejam dimensionados utilizando-se como referência a temperatura máxima de 200°F (93°C) no tanque superior do radiador e que o sistema de arrefecimento deva ser superdimensionado para funcionar com 115% da sua capacidade necessária. Este pequeno superdimensionamento é uma medida preventiva contra a eventual formação de incrustações ou obstruções no interior da tubulação do líquido de arrefecimento. A temperatura mais baixa no tanque superior (menor do que a especificada no ítem "*Arrefecimento do Motor*") serve para compensar a perda de calor desde a saída do motor até o tanque superior do radiador remoto. O fabricante do motor deve ser consultado para maiores informações sobre os valores de calor (energia térmica) trocado entre o motor e o líquido de arrefecimento, bem como sobre os valores para o fluxo de arrefecimento[11].
- O tanque superior do radiador (ou um tanque auxiliar) deve ser instalado no local mais elevado do sistema de arrefecimento. Ele deve ser equipado com:
  - Uma tampa apropriada para abastecimento e para o controle da pressão no interior do sistema;
  - Uma tubulação de abastecimento situada no local mais baixo do sistema de arrefecimento (para que o sistema possa ser abastecido desde a base até o topo);
  - Uma tubulação para "desaeração" do líquido de arrefecimento saindo do motor e que não tenha quaisquer depressões (curvaturas para baixo) ou obstruções. Depressões e curvaturas ("loops") na tubulação podem aprisionar o líquido de arrefecimento e impedir o "expurgo" do ar aprisionado no circuito quando o sistema é abastecido.

  No ponto mais elevado do sistema de arrefecimento devem ser instalados também os dispositivos para o abastecimento do sistema e um sistema de detecção e alarme (equipado com interruptor) para detectar quando o nível do líquido de arrefecimento estiver abaixo de um determinado limite mínimo.

11) Procure um distribuidor Cummins para maiores informações.

- A capacidade do tanque superior do radiador (ou do tanque auxiliar) deve ser equivalente a, pelo menos, 17% do volume total do líquido de arrefecimento do sistema de modo a proporcionar uma "capacidade de perda volumétrica" de 11% ao líquido de arrefecimento e "volume extra" de 6% para a expansão térmica do líquido de arrefecimento. Esta capacidade volumétrica denominada "capacidade de perda" corresponde ao volume de líquido de arrefecimento que pode ser perdido por vazamentos não detectados e pelo alívio normal através tampa de regulagem da pressão antes do ar ser sugado para o interior da bomba do líquido de arrefecimento. O "volume extra" para expansão térmica é proporcionado pelo posicionamento adequado do bocal de abastecimento utilizado quando um sistema é abastecido a frio. Estes ítems e volumes estão ilustrados na **Figura 6-33**.
- Sempre que o sistema for utilizado em ambientes que apresentem uma grande concentração de contaminantes (sujeira, poeira, detritos, etc), devem ser utilizados radiadores com um espaçamento maior entre as aletas (nove aletas por polegada, ou menos) com a finalidade de reduzir a formação de incrustações de contaminantes nas aletas do radiador.
- O valor da perda de pressão do líquido de arrefecimento devida ao "atrito viscoso" ("*friction head*") entre o líquido de arrefecimento e a tubulação externa ao motor (o que também inclui as conexões hidráulicas e o radiador), assim como, o valor da pressão hidráulica no interior do circuito ("*static head*"), que corresponde à medida da "coluna líquida" tomando-se referência a altura da linha de centro da árvore de manivelas (*virabrequim*), não devem exceder os valores máximos especificados pelo fabricante do motor[12]. Mais adiante, neste capítulo, é apresentado um exemplo de cálculo para determinar o valor da perda de pressão do líquido de arrefecimento devida ao "atrito viscoso" ("*friction head*"). Caso não seja possível determinar uma configuração para um sistema de arrefecimento que possa ser funcionar conforme os valores limite especificados para "*static head*" e "*friction head*", deverá ser utilizado algum outro tipo de sistema de arrefecimento.

  NOTA: *Um sistema de arrefecimento que apresente uma pressão hidráulica muito elevada no interior de seu circuito (um valor muito elevado para o "static head") pode fazer com que hajam vazamentos no retentor do eixo da bomba do líquido de arrefecimento. Um sistema de arrefecimento que apresente uma perda muito elevada de pressão* devida ao "atrito viscoso" ("*friction head*") *poderá fazer com que o arrefecimento do motor seja insuficiente.*

- As mangueiras utilizadas para conectar o radiador ao restante do circuito do sistema de arrefecimento devem ter um comprimento entre 152 e 457 mm (6 a 18 pol.), e, devem estar em conformidade com as especificações da norma técnica SAE 20R1, ou equivalente. Estas mangueiras devem ser capazes de absorver os movimentos e as vibrações causadas pelo do grupo gerador.
- É altamente recomendável que cada uma das mangueiras que se conectam ao radiador sejam fixadas utilizando-se duas abraçadeiras (ou "grampos de fixação") de categoria "*premium*" e "*torque constante*", que mantenham as mangueiras fixadas em cada uma de suas extremidades.

  Esta recomendação tem por finalidade reduzir o risco de alguma das mangueiras, que estão submetidas a pressão hidráulica, soltar-se de alguma de suas conexões e causar uma perda súbita do líquido de arrefecimento do motor. Podem ocorrer danos graves a um motor caso um evento como estes ocorra e o motor permaneça em funcionamento sem que haja circulação do líquido de arrefecimento no bloco, nem mesmo que isso ocorra por apenas alguns segundos.
- A válvula de drenagem para o líquido de arrefecimento do motor deve estar localizada na parte mais baixa de todo o sistema de arrefecimento.
- Os modelos recomendados de válvula que devem ser utilizadas para isolar o trecho do circuito do líquido de arrefecimento que passa pelo motor durante os procedimentos de manutenção e reparos são as válvulas do tipo esfera ou então as do tipo "gaveta" ("*gate valve*"). As válvulas do tipo "globo" (ou, válvulas de obturador) não são recomendadas devido ao fato de não serem muito restritivas (sua capacidade de vedação é inferior).

  Esta válvulas tem por objetivo evitar que todo o líquido de arrefecimento que passa pelo motor precise ser drenado durante os procedimentos de manutenção e reparos.
- Deve-se lembrar que o grupo gerador aciona eletricamente o ventilador do radiador remoto, os ventiladores de refrigeração, as bombas do líquido de arrefecimento e demais acessórios necessários para o funcionamento de todo o equipamento em aplicações com arrefecimento remoto. Dessa forma, a "potência mecânica" que é economizada ao se dispensar o uso de um ventilador acionado mecanicamente pelo eixo do motor acaba sendo consumida devido ao uso de dispositivos elétricos utilizados pelo sistema de arrefecimento remoto. Os valores das cargas elétricas correspondentes à estes dispositivos deve ser acrescentada aos cálculos de dimensionamento para carga total do grupo gerador.
- Para obter mais informações sobre a ventilação no recinto do grupo gerador quando for utilizado um sistema de arrefecimento remoto, consulte os ítems "*Diretrizes Gerais de Ventilação*" e "*Aplicações com Trocador de Calor ou com Radiador Remoto*", ambos nesta capítulo.

12) O Cummins Power Suite fornece os dados sobre os motores.

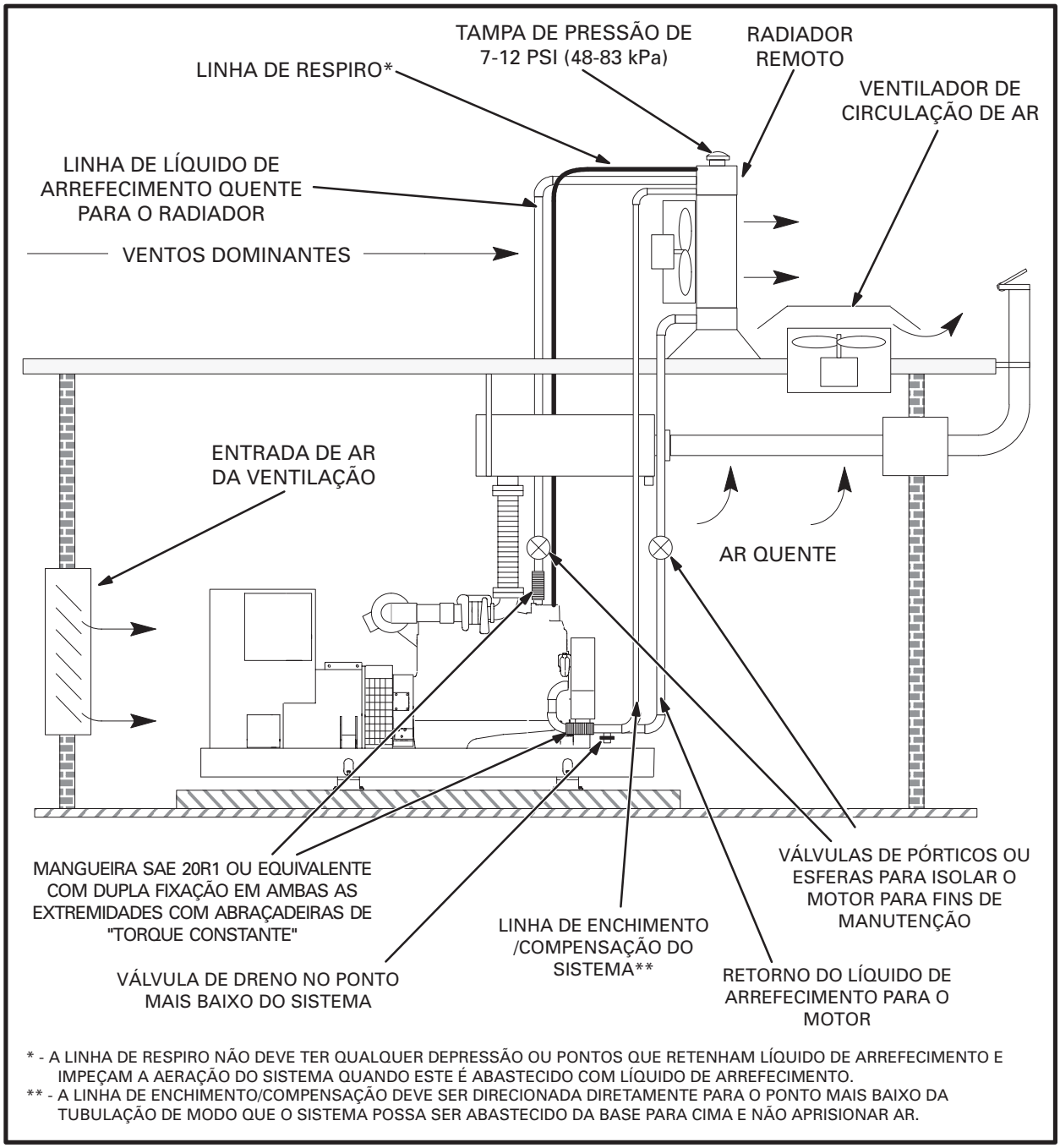

TAMPA DE PRESSÃO DE 7-12 PSI (48-83 kPa)
RADIADOR REMOTO
LINHA DE RESPIRO*
VENTILADOR DE CIRCULAÇÃO DE AR
LINHA DE LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO QUENTE PARA O RADIADOR
VENTOS DOMINANTES
ENTRADA DE AR DA VENTILAÇÃO
AR QUENTE
MANGUEIRA SAE 20R1 OU EQUIVALENTE COM DUPLA FIXAÇÃO EM AMBAS AS EXTREMIDADES COM ABRAÇADEIRAS DE "TORQUE CONSTANTE"
VÁLVULAS DE PÓRTICOS OU ESFERAS PARA ISOLAR O MOTOR PARA FINS DE MANUTENÇÃO
LINHA DE ENCHIMENTO /COMPENSAÇÃO DO SISTEMA**
VÁLVULA DE DRENO NO PONTO MAIS BAIXO DO SISTEMA
RETORNO DO LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO PARA O MOTOR
* - A LINHA DE RESPIRO NÃO DEVE TER QUALQUER DEPRESSÃO OU PONTOS QUE RETENHAM LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO E IMPEÇAM A AERAÇÃO DO SISTEMA QUANDO ESTE É ABASTECIDO COM LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO.
** - A LINHA DE ENCHIMENTO/COMPENSAÇÃO DEVE SER DIRECIONADA DIRETAMENTE PARA O PONTO MAIS BAIXO DA TUBULAÇÃO DE MODO QUE O SISTEMA POSSA SER ABASTECIDO DA BASE PARA CIMA E NÃO APRISIONAR AR.

Figura 6-35. Sistema de arrefecimento equipado com radiador remoto (para maiores detalhes sobre o tipo de sistema de “desaeração”, veja a **Figura 6-33**).

Radiador remoto equipado com sistema de "desaeração"

O radiador remoto deve ser equipado com um tanque superior do mesmo tipo que é utilizado para "desaeração" nos radiadores convencionais (também conhecido como um tanque superior selado), ou então, equipado com um de tanque de "desaeração" auxiliar. Neste tipo de sistema, uma parte do fluxo do líquido de arrefecimento (aproximadamente 5%) é direcionada para o tanque superior do radiador, localizado acima da placa com as aletas defletoras. Este recurso permite que o ar aprisionado no líquido de arrefecimento seja removido antes do mesmo do líquido de arrefecimento retornar ao sistema.

Os seguintes fatores devem ser levados em consideração:

- As tubulações para "desaeração" do líquido de arrefecimento que saem do motor e do radiador não devem apresentar "depressões" ou locais nos quais o líquido de arrefecimento possa ficar retido e, assim, evitar que o ar contido no interior do sistema de arrefecimento possa ser totalmente expulso toda vez que o sistema é reabastecido. Recomenda-se o uso de tubos rígidos de aço ou de poliestireno de alta densidade para os trechos mais longos de tubulação, especialmente se forem horizontais, para evitar o arqueamento dos tubos nos trechos entre os suportes de fixação.
- A tubulação de abastecimento/compensação também deve estar livre de trechos com depressões, desde o ponto mais baixo da tubulação do sistema até a conexão com o tanque superior do radiador ou com o tanque auxiliar. Nenhuma outra tubulação deve ser conectada à tubulação de abastecimento. Este tipo de configuração permite o abastecimento do sistema na direção "de baixo para cima" sem que haja o aprisionamento de ar em algum trecho do circuito de arrefecimento ou que haja a falsa indicação de que o sistema está cheio. Para um sistema construído com as conexões corretas para as tubulações de "desaeração" e de abastecimento, deve ser possível efetuar o abastecimento do sistema com uma velocidade de vazão de, pelo menos, 5 gpm (19 litros/min) (aproximadamente a mesma vazão de uma mangueira de jardim).

Radiador remoto equipado com bomba auxiliar para o líquido de arrefecimento

Caso seja ultrapassado o valor limite para a perda de pressão por "atrito viscoso" ("*friction head*") do líquido de arrefecimento do motor, todavia, não sendo excedido o valor limite para a perda de pressão gerada pela bomba hidráulica devido ao efeito da gravidade ("*static head*"); poderá ser utilizado um sistema composto por um radiador remoto e uma bomba auxiliar para o líquido de arrefecimento do motor **(Figura 6-36)**.

Além das recomendações apresentadas no ítem "*Radiadores Remotos*", deve-se levar em consideração os seguintes fatores:

- Uma bomba auxiliar e seu motor devem ser dimensionados de modo que o fluxo do líquido de arrefecimento corresponda ao valor recomendado pelo fabricante do motor do grupo gerador e, que, a pressão hidráulica gerada pela bomba seja suficiente para superar o valor excedente para a perda de pressão por "atrito viscoso" ("*friction head*") do líquido de arrefecimento do motor , conforme o método de cálculo apresentado no exemplo anterior.

  NOTA: Conforme os dados do fabricante da bomba, o valor da pressão hidráulica (gerada pela bomba) correspondente a "*1 pé de coluna líquida*" é equivalente a 0,43 psi (*lembrando que "pé de coluna líquida" é uma unidade de medida de pressão hidráulica*).
  Para cada "*1 pé de coluna líquida*" de perda de pressão por "*atrito viscoso*" ("*friction head*") é necessária uma compensação equivalente a "*1 pé de coluna líquida*" de pressão gerada pela bomba hidráulica.
- Deve-se instalar, em paralelo com a bomba auxiliar, uma tubulação para o desvio do fluxo do líquido de arrefecimento. O fluxo através desta tubulação secundária deve ser controlado por uma válvula "*gaveta*" ("*gate valve*"),e, o uso de válvulas-globo também deve ser evitado pois são muito pouco restritivas (sua vedação é inferior ao das válvulas "*gaveta*").
  Esta tubulação secundária deve ser instalada pelos seguintes motivos:
  - Permitir o ajuste da pressão hidráulica que a bomba auxiliar aplica ao líquido de arrefecimento, pois a válvula pode ser ajustada numa posição "parcialmente aberta", fazendo com que o parte do líquido de arrefecimento recircule de volta à bomba.
  - Permitir a operação do grupo gerador na condição de "carga parcial" caso haja uma falha na bomba auxiliar. Neste caso a válvula pode ser ajustada para a posição "totalmente aberta", proporcionando algum arrefecimento para o motor do grupo gerador.

- A pressão do líquido de arrefecimento na entrada da bomba hidráulica (que impulsiona o líquido de arrefecimento do motor), medida quando o motor estiver em funcionamento, em sua rotação nominal, não deverá exceder o valor para a pressão hidráulica máxima permitida. Este valor é apresentado na "*Folha de Especificações Técnicas*" do grupo gerador.

  Para os sistemas de arrefecimento que utilizem o recurso de "desaeração" (isso é válido para os grupos geradores com potência de 230/200 kW, e maiores), a pressão hidráulica da bomba auxiliar não deverá forçar o líquido de arrefecimento através da linha de compensação para o tanque superior do radiador ou para o tanque auxiliar. Em quaisquer destes casos, a válvula de desvio da bomba auxiliar deve ser ajustada de modo a reduzir a pressão gerada pela bomba para um valor aceitável.

- Devido ao fato de que o motor do grupo gerador não precisa acionar mecanicamente o ventilador de um radiador remoto, poderá haver uma capacidade de potência excedente na saída do grupo gerador. Para se calcular o valor da "*potência líquida*" que pode ser produzida do grupo gerador, deve-se adicionar o valor da carga consumida pelo ventilador, apresentada na "*Folha de Especificações Técnicas*" do grupo gerador com a respectiva classificação de potência do grupo gerador.

  Lembre-se de que o grupo gerador deve acionar eletricamente o ventilador do radiador remoto, os ventiladores de refrigeração de seu recinto, as bombas do líquido de arrefecimento e os demais acessórios necessários para que o grupo funcione em aplicações que façam uso de um radiador remoto. Assim sendo, a "potência mecânica" economizada devido ao fato de não ser necessário acionar mecanicamente o ventilador do radiador remoto, acaba sendo consumida pelos demais dispositivos elétricos necessários ao sistema de arrefecimento remoto.

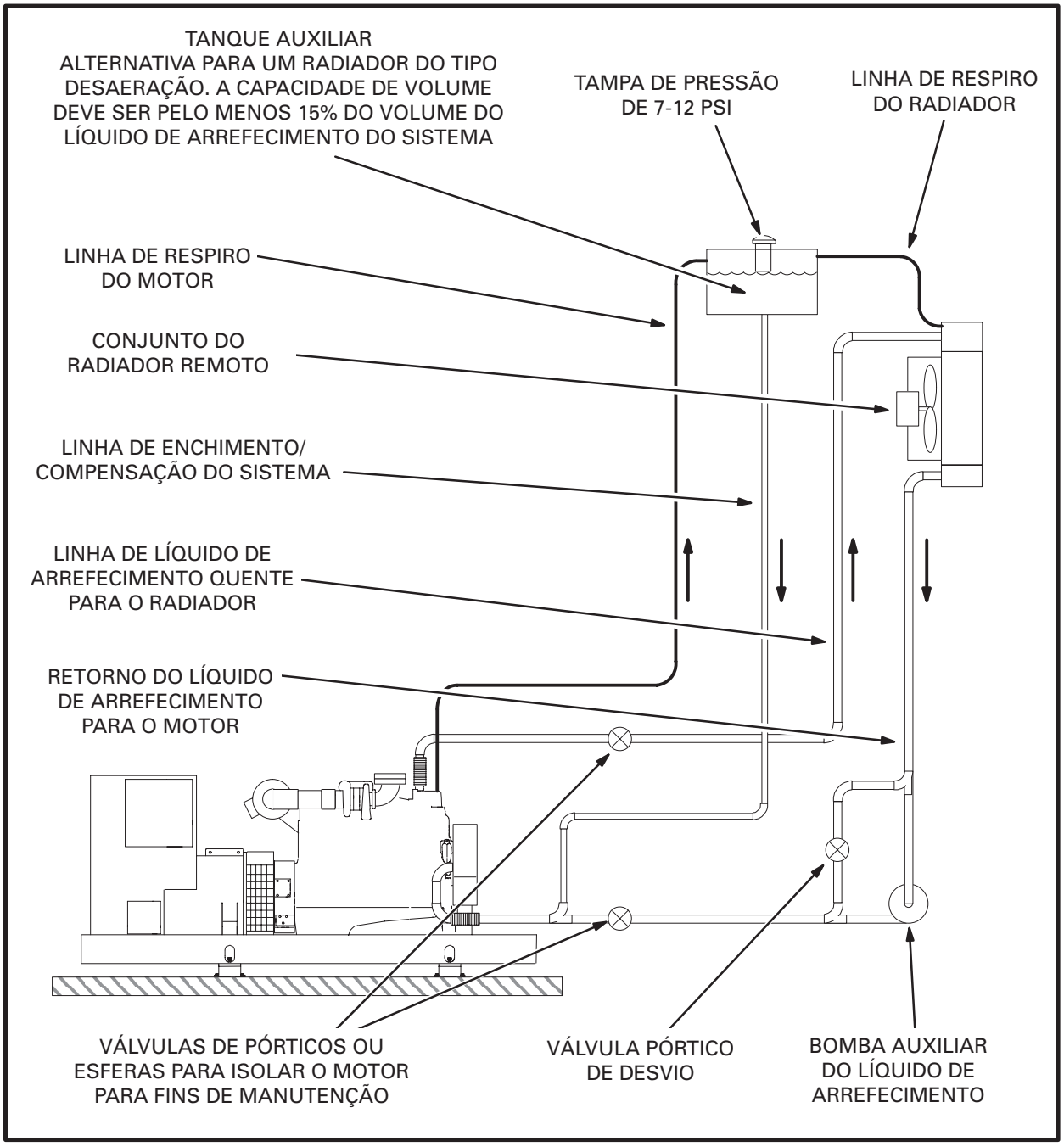


Figura 6-36. Radiador remoto equipado com bomba de arrefecimento auxiliar e tanque auxiliar.

Radiador remoto equipado com um reservatório do tipo "Hot Well"

Um radiador remoto equipado com um reservatório do tipo "*hot well*" (**Figura 6-37**) pode ser utilizado caso a diferença entre a elevação do radiador a elevação da linha de centro da árvore de manivelas (virabrequim) exceda o valor máximo permitido para a "coluna líquida estática", recomendado na "*Folha de Especificações Técnicas*" do grupo gerador. Ou seja, este valor referido como "coluna líquida estática" corresponde à diferença entre os valores da pressão hidrostática medida na elevação em que se encontra o radiador e na elevação correspondente à linha de centro da árvore de manivelas (virabrequim).

Em um sistema equipado com um reservatório do tipo "*hot well*", a bomba do líquido de arrefecimento do motor faz com que o líquido de arrefecimento circule entre motor e o reservatório "*hot well*", enquanto uma bomba auxiliar faz com que o líquido de arrefecimento circule entre o reservatório "*hot well*" e o radiador. Um sistema de arrefecimento equipado com um reservatório "*hot well*" exige um projeto cuidadoso.

Além dos fatores relevantes a serem considerados num projeto e apresentados no ítem "*Radiador Remoto*", os fatores a seguir também devem ser levados em conta:

- A base do reservatório "*hot well*" deverá estar situada em uma altura acima da altura saída do líquido de arrefecimento do motor.
- O fluxo do líquido de arrefecimento através do circuito hidráulico formado pelo reservatório "*hot well*" e pelo radiador deverá ter aproximadamente o mesmo valor que o fluxo do líquido de arrefecimento através do motor. O radiador e a bomba auxiliar deverão ser dimensionados corretamente. A pressão hidráulica (ou "*coluna líquida*") gerada pela bomba auxiliar deverá ser suficiente para exceder a soma dos valores correspondentes à pressão hidrostática (ou "*coluna líquida estática*") e à perda de pressão por "*atrito viscoso*" no circuito interior do circuito hidráulico formado pelo reservatório "*hot well*" e pelo radiador.

  NOTA: O valor da pressão hidráulica (gerada pela bomba) correspondente a "*1 pé de coluna líquida*" é equivalente a 0,43 psi (*lembrando que "pé de coluna líquida" é uma unidade de medida de pressão hidráulica*), ou a "*1 pé de coluna estática*" do líquido de arrefecimento (o que equivale à pressão gerada pelo peso da coluna do líquido).
- A capacidade volumétrica do reservatório "*hot well*" não deve ser menor do que a soma dos seguintes volumes:
  - 1/4 do volume do líquido de arrefecimento bombeado por minuto através do "motor" (por exemplo: 25 galões caso o fluxo seja de 100 gpm, ou,100 litros caso o fluxo seja de 400 litros/mininuto), mais;
  - 1/4 do volume do líquido de arrefecimento bombeado por minuto através do "radiador" (por exemplo: 25 galões caso o fluxo seja de 100 gpm, ou, 100 litros caso o fluxo seja de 400 litros/minuto), mais;
  - O volume necessário para preencher o radiador e toda a tubulação, mais;
  - 5% do volume total do sistema correspondendo à expansão térmica do líquido de arrefecimento.
- É necessário que o projeto deste tipo de sistema seja executado prestando-se especial atenção aos detalhes técnicos relativos às conexões de entrada e saída e aos defletores ("*baffles*"), com o objetivo de minimizar a turbulência no líquido de arrefecimento, permitir a livre "desaeração" e maximizar a troca de calor dos fluxos do líquido de arrefecimento do motor e do radiador.
- O líquido de arrefecimento deve ser bombeado a partir do tanque da base do radiador e retornar para o tanque superior, caso contrário a bomba não será capaz de preencher completamente o radiador.
- A bomba auxiliar deve estar situada numa altura abaixo do nível inferior do líquido de arrefecimento no reservatório "*hot well*", de modo que o líquido no interior do reservatório "*hot well*" estará sempre disponível para ser bombeado.
- O radiador deve estar equipado com uma válvula unidirecional de alívio de vácuo para permitir a drenagem do líquido de arrefecimento para o reservatório "*hot well*".
- O reservatório "*hot well*" deve estar equipado com um bujão de respiro de grande volume para permitir que o nível do líquido de arrefecimento diminua à medida que a bomba auxiliar preenche o radiador e a tubulação.
- É importante lembrar que o grupo gerador deve acionar eletricamente o ventilador do radiador remoto, os ventiladores de refrigeração, as bombas do líquido de arrefecimento e demais acessórios necessários para a sua operação em aplicações com arrefecimento remoto. Desta forma, a potência mecânica econimizada devido ao não acionamento mecânico do ventilador do radiador, acaba sendo é consumida pelos dispositivos elétricos utilizados por um sistema de arrefecimento remoto. Os valores correspondentes à estas cargas elétricas devem ser contabilizados no cálculo da carga total do grupo gerador.

Nota do tradutor: *No texto acima, é feita referência à um dispositivo denominado "reservatório hot well". Este dispositivo corresponde ao tanque de armazenamento do líquido proveniente de um condensador ou de um radiador em um sistema composto por um circuito hidráulico fechado. O líquido aquecido, é armazenado no interior deste tanque, para que seja submetido a um resfriamento e, posteriormente, retorna ao circuito hidráulico. Há diversos textos técnicos, em português, que usam uma versão traduzida deste termo (ou seja, "poço quente"), todavia, boa parte da literatura técnica faz uso do termo original em inglês. Neste manual, o nome original em inglês, "hot well", é mantido.*

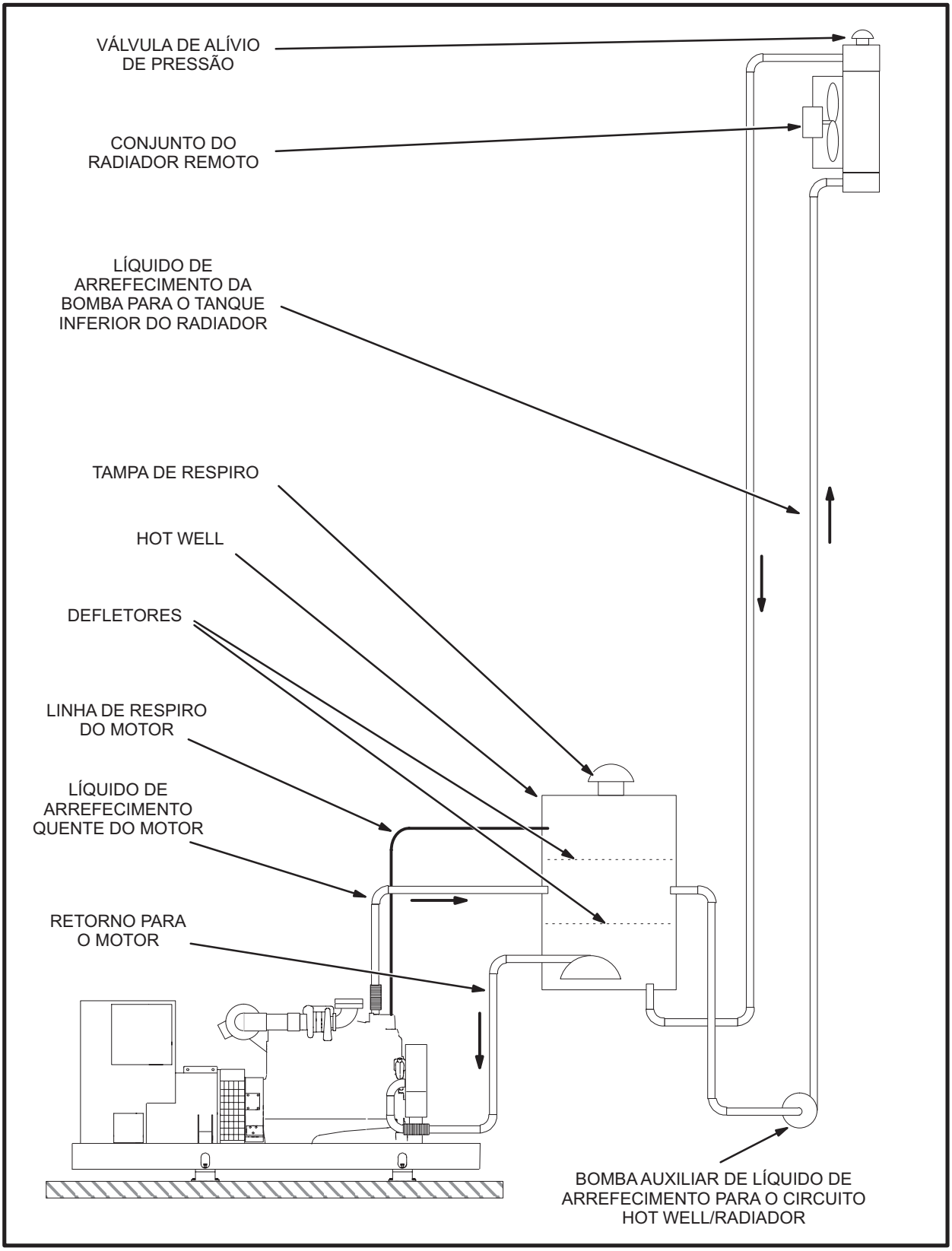

VÁLVULA DE ALÍVIO DE PRESSÃO
CONJUNTO DO RADIADOR REMOTO
LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO DA BOMBA PARA O TANQUE INFERIOR DO RADIADOR
TAMPA DE RESPIRO
HOT WELL
DEFLETORES
LINHA DE RESPIRO DO MOTOR
LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO QUENTE DO MOTOR
RETORNO PARA O MOTOR
BOMBA AUXILIAR DE LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO PARA O CIRCUITO HOT WELL/RADIADOR

Figura 6-37. Radiador remoto equipado com reservatório "*hot well*" e bomba auxiliar para o líquido de arrefecimento.

Arrefecimento do motor por meio de radiadores remotos com circuitos múltiplos

Alguns projetos de motor podem exigir que seja utilizado mais do que um único circuito de arrefecimento e, portanto, necessitam que seja utilizado mais que um único radiador remoto ou um único trocador de calor em aplicações com arrefecimento remoto. Esses motores podem utilizar diversas técnicas para obter o "*Pós-arrefecimento em Baixas Temperaturas*" ("*LTA - Low Temperature Aftercooling*") a partir da entrada de ar para a combustão. Uma dos principais motivos para a utilização projetos deste tipo é que eles ajudam a reduzir os níveis de emissões de poluentes dos gases de escape. Entretanto, nem todos esses projetos de motor podem ser facilmente adaptados para o arrefecimento remoto.

Duas bombas, dois circuitos

Uma abordagem comumente utilizada para o "*Pós-arrefecimento em Baixas Temperaturas*" é a utilização de dois circuitos de arrefecimento completos e independentes com dois radiadores, duas bombas de líquido de arrefecimento e líquidos de arrefecimento separados para cada um dos circuitos. Um circuito arrefece as "jaquetas" de água do motor e o outro arrefece o ar da entrada para a combustão depois dele passar pelo turbocompressor. Para efetuar o arrefecimento remoto, este tipo de motor exige o uso de dois radiadores remotos ou de dois trocadores de calor totalmente independentes. Cada um dos sistemas de arrefecimento utilizados nos sistemas remotos terá suas próprias especificações para temperatura de operação, restrições para os valores de pressão, dissipação de calor, etc. Estes dados técnicos podem ser obtidos com o fabricante do motor.
Em resumo, devem ser projetados dois circuitos de arrefecimento independentes e, cada um deles **deve** possuir todas as características e **obedecer** a todas as especificações técnicas de projeto como se cada um deles fosse um sistema de arrefecimento remoto único. Veja a **Figura 6-38**.

Nota: O projeto e instalação do radiador para o circuito de "*Pós-arrefecimento em Baixas Temperaturas*" (LTA) pode apresentar características críticas a serem superadas para se obter a remoção adequada da energia térmica exigida para este circuito. Quando os radiadores do sistema de "*Pós-arrefecimento em Baixas Temperaturas*" e da "jaqueta" de água são montados "em série" utilizando um único ventilador, o radiador do sistema de "*Pós-arrefecimento em Baixas Temperaturas*" deverá ser posicionado na frente do radiador da "jaqueta", para que seja o primeiro a receber o fluxo de ar mais frio.

Uma bomba, dois circuitos

Ocasionalmente, alguns projetos de motores conseguem efetuar o pós-arrefecimento em baixas temperaturas utilizando dois circuitos para o líquido de arrefecimento no interior do motor, dois radiadores, mas apenas uma bomba para o líquido de arrefecimento. O uso deste tipo de sistema não é recomendado para aplicações com arrefecimento remoto devido à dificuldade em se fazer com que haja um balanceamento no fluxo do líquido de arrefecimento que circula em ambos os circuitos e, conseqüentemente, torna-se difícil obter um arrefecimento apropriado de cada um dos circuitos.

Sistema de pós-arrefecimento do tipo ar-ar

Uma outra forma para se conseguir o pós-arrefecimento em baixas temperaturas é utilizar um circuito de arrefecimento com radiador ar-ar ao invés de um sistema de arrefecimento do tipo ar-líquido, como o descrito acima. Estes projetos direcionam o ar turbocomprimido através de um radiador para arrefecê-lo antes da entrada no(s) coletor(es) de admissão. Em geral, estes sistemas não são recomendados para aplicações do tipo arrefecimento remoto por duas razões:

1) A tubulação de todo o sistema de arrefecimento e o radiador funcionam sob a pressão gerada no turbocompressor. Mesmo o menor vazamento num sistema deste tipo poderá diminuir significativamente a eficiência do turbocompressor e isto não é admissível.
2) O comprimento do percurso da tubulação de ar até o radiador e de retorno do mesmo fará com que haja um atraso no tempo de resposta do turbocompressor e, potencialmente, irá resultar em pulsos de pressão que impedirão o desempenho adequado do motor.

Radiadores indicados para aplicações do tipo “radiador remoto”

Radiadores Remotos

Existem diversas configurações de radiadores remotos para aplicações em grupos geradores. Em todas estas configurações, o radiador remoto usa um ventilador acionado por um motor elétrico que deve ser alimentado diretamente pelos terminais de saída do grupo gerador. No ponto mais elevado do sistema de arrefecimento, deve ser instalado um tanque de expansão cuja capacidade de expansão deve ser de, pelo menos, 5% da capacidade volumétrica total do sistema de arrefecimento. A tampa de controle de pressão utilizada neste sistema deve ser selecionada com base na capacidade do radiador. Também pode ser necessário que sejam instaladas tubulações para “desaeração” que conduzam até o tanque de expansão.

A instalação de um “visor de nível” (uma janela graduada feita de vidro) é bastante aconselhável para permitir a visualização do nível do líquido de arrefecimento do sistema. Este “visor de nível” deve possuir marcas de graduação que indiquem os níveis normais para o líquido de arrefecimento com o sistema “frio” e “quente”.

O uso de um interruptor para detecção do nível do líquido de arrefecimento é, também, um recurso bastante útil para prevenir uma falha potencial do sistema quando o nível do líquido de arrefecimento estiver baixo.

Algumas instalações com radiador remoto funcionam utilizando ventiladores para o radiador controlados por termostatos. Em geral, nos sistemas deste tipo o termostato deve ser instalado na entrada do radiador.

Os radiadores podem ser do tipo horizontal (a colméia do radiador é paralela à superfície de montagem) ou do tipo vertical (a colméia do radiador é perpendicular à superfície de montagem). Na **Figura 6-38** é apresentada uma foto ilustrativa.

Em geral, os radiadores horizontais são os preferidos pois permitem que a principal fonte de ruído do radiador (o ruído mecânico do ventilador) seja direcionada para cima, onde, normalmente, não há pessoas que possam ser perturbadas pelo ruído. Contudo, os radiadores horizontais podem se tornar inoperantes devido à cobertura de neve ou formação de gelo, razão pela qual não são utilizados em locais de climas frios.

Os radiadores remotos exigem pouca manutenção, todavia quando são utilizados e, se utilizarem ventiladores acionados por correias, a manutenção anual deve incluir a inspeção e aperto dos parafusos de fixação do ventilador. Alguns radiadores podem utilizar rolamentos reengraxáveis que exigem manutenção periódica. É preciso garantir as aletas do radiador estejam sempre limpas e livres de sujeira ou de quaisquer outros contaminantes.

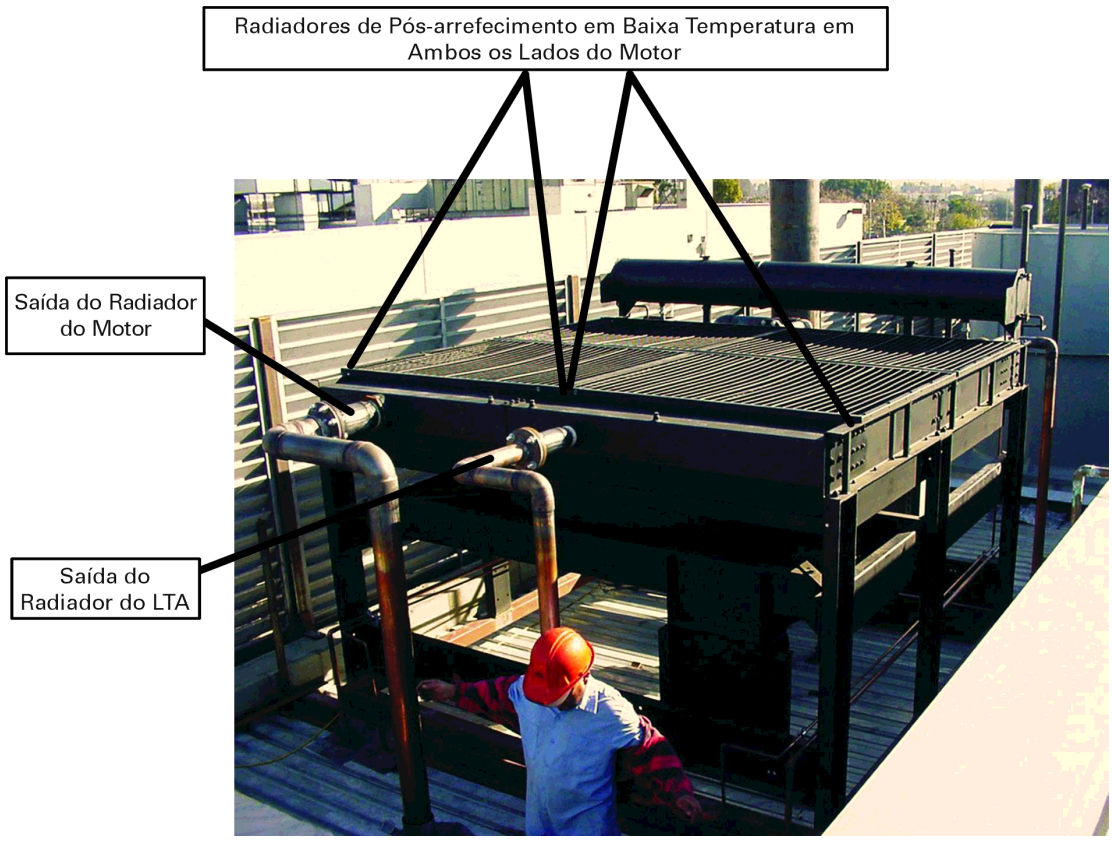

Radiadores de Pós-arrefecimento em Baixa Temperatura em Ambos os Lados do Motor
Saída do Radiador do Motor
Saída do Radiador do LTA

Figura 6-38. Exemplo de um radiador remoto horizontal e de um radiador de pós-arrefecimento.

Trocador de calor montado no chassis do grupo gerador (chassis do tipo “skid”, ou “trenó”)

O motor, a bomba e o trocador de calor líquido-líquido formam um sistema de arrefecimento fechado e pressurizado (na **Figura 6-39** é apresentada uma ilustração). O líquido de arrefecimento do motor e a água utilizada para trocar calor com o líquido de arrefecimento (que circula pelo “lado frio” do sistema) não se misturam.

Este tipo de sistema apresenta as seguintes características:

- O recinto onde está instalado o grupo gerador necessita de um sistema elétrico de ventilação. Para maiores informações sobre o volume de ar necessário para uma ventilação adequada, consulte o ítem “*Ventilação*”, neste capítulo.
- Como o motor do grupo gerador não precisa acionar mecanicamente o ventilador do radiador, haverá uma capacidade de potência excedente na saída do grupo gerador. Para calcular o valor da **potência líquida** na saída do grupo gerador, deve-se somar o valor da carga (potência) consumida pelo ventilador (indicada na “*Folha de Especificações Técnicas*” do grupo gerador) ao valor de sua potência nominal.
  É importante lembrar que o grupo gerador deverá acionar eletricamente o ventilador do radiador remoto, os ventiladores de refrigeração, as bombas de líquido de arrefecimento e demais acessórios necessários para que o grupo gerador funcione em aplicações com radiador remoto. Assim sendo, a potência (kW) economizada com a não utilização de um acionamento mecânico do ventilador, em geral, é consumida pelos dispositivos elétricos necessários ao sistema de arrefecimento remoto.
- No caso a pressão da fonte de água no “lado frio” do sistema exceder à classificação de pressão do trocador de calor, deverá ser instalada uma válvula redutora de pressão. O fabricante do trocador de calor deve ser consultado para se obter maiores informações sobre o trocador de calor.
- O trocador de calor e a tubulação de água devem ser protegidos contra congelamento caso haja a possibilidade de que a temperatura ambiente tornar-se menor que 0°C (32°F).
- As opções de controle recomendadas incluem uma válvula termostática de água (não elétrica) para controlar o fluxo de água em resposta à temperatura do líquido de arrefecimento e uma válvula de interrupção do tipo “normalmente fechada” (NF), alimentada por bateria para cortar o fluxo de água quando o grupo não estiver em funcionamento.
- O fluxo de água pelo trocador de calor deve ser suficiente para remover o **calor que é dissipado para o líquido de arrefecimento**, conforme o indicado na “Folha de Especificações Técnicas” do grupo gerador. Note que para cada elevação de 1°F na temperatura, um galão de água absorve aproximadamente 8 BTU (este valor corresponde ao seu calor específico). Além disso, recomenda-se que a água que sai do trocador de calor não ultrapasse os 60°C (140°F).

  Portanto:

$$\text{Água necessária (gpm)} = \frac{\text{Calor Dissipado (em Btu/min.)}}{\Delta T(°F) \cdot c \cdot (8\ \text{BTU/°F-Galão})}$$

  onde:

  ΔT = Elevação de temperatura da água na colméia
  c = Calor específico da água

  No caso um grupo dissipar 19.200 BTU por minuto e a temperatura da água for de 80°F, considerando-se uma elevação de temperatura da água de 60°F, temos:

$$\text{Água necessária (gpm)} = \frac{19.200}{60 \cdot 8} = 40\ \text{gpm}$$

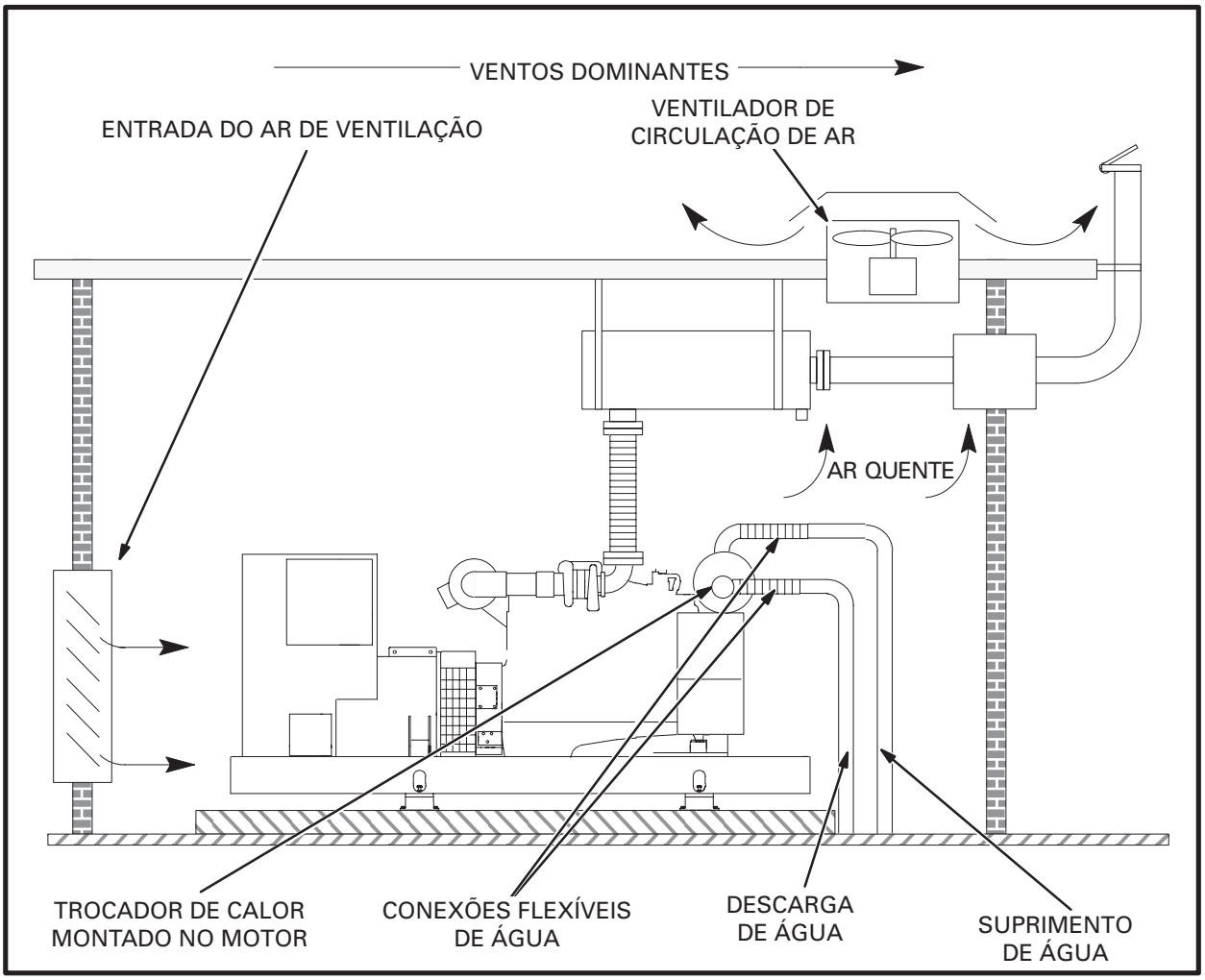


Figura 6-39. Sistema de arrefecimento equipado com trocador de calor montado na fábrica (“original de fábrica”).

Sistemas de arrefecimento equipados com dois trocadores de calor

Os sistemas de arrefecimento equipados com dois trocadores de calor (**Figura 6-40**) podem ser difíceis de projetar e implementar, especialmente se for utilizado um sistema secundário de arrefecimento, como no caso de um radiador ser utilizado para arrefecer o trocador de calor. Em situações como estas, o dispositivo remoto pode ser significativamente maior do que o esperado, uma vez que a mudança de temperatura no trocador de calor é relativamente pequena.

Sistemas deste tipo devem ser projetados para aplicações muito específicas, considerando os requisitos do motor, do trocador de calor líquido-a-líquido e do dispositivo trocador de calor remoto[14].

14) Os trocadores de calor montados no chassis e fornecidos pela Cummins Power Generation, em geral, não são adequados para utilização em aplicações que utilizem dois trocadores de calor. Os projetos com dois trocadores de calor exigem um acoplamento cuidadoso dos componentes.

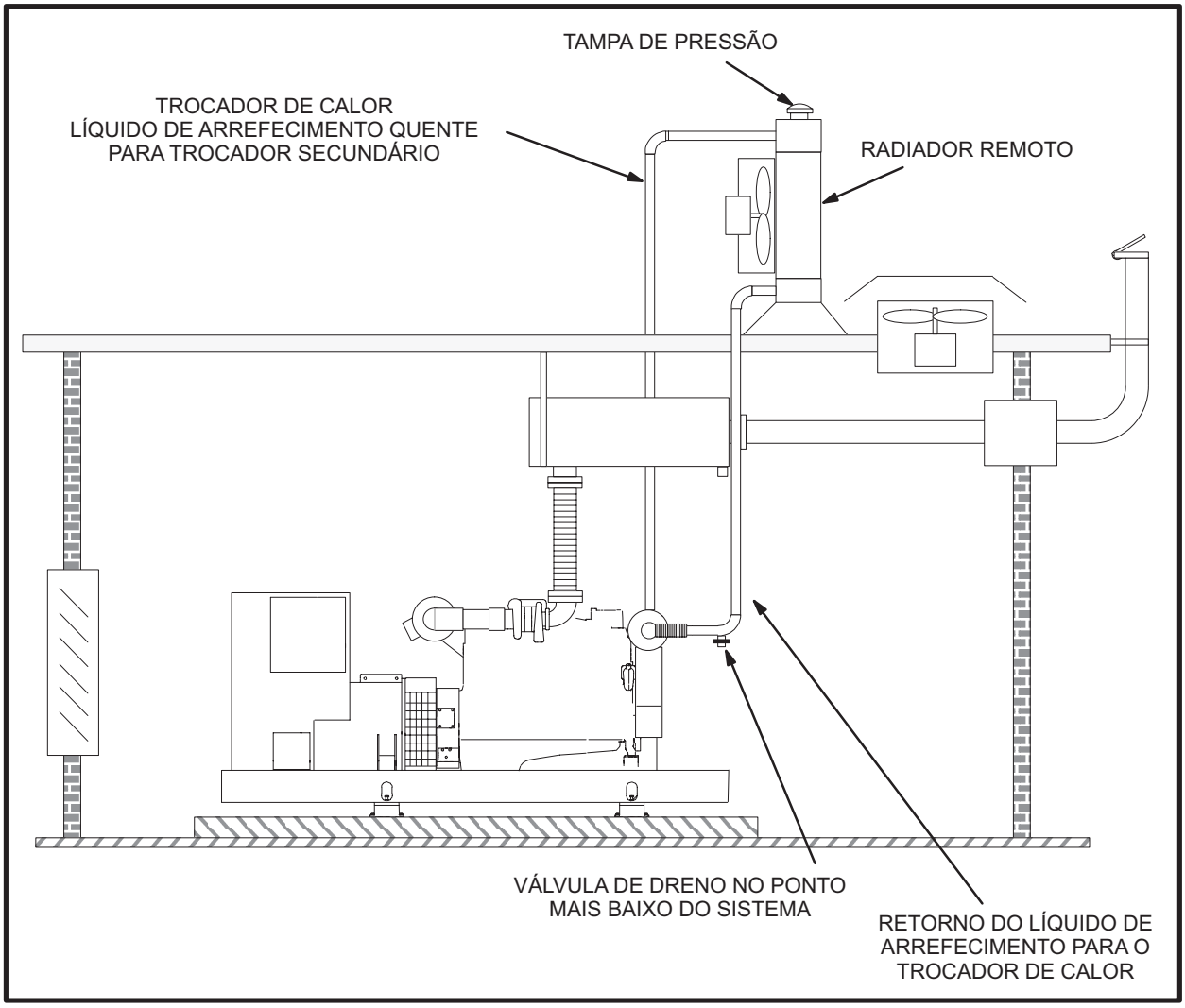


Figura 6-40. Diagrama de um sistema de arrefecimento equipado com dois trocadores de calor. (com arrefecedor secundário líquido-ar).

Aplicações com torre de arrefecimento

Os sistemas equipados com torres de arrefecimento podem ser utilizados em aplicações onde a temperatura ambiente não seja inferior ao ponto de congelamento da água e onde a quantidade de umidade do ar é baixa o suficiente para permitir a operação eficiente do sistema. Na **Figura 6-41** é apresentado um diagrama para exemplificar uma configuração típica deste tipo de equipamento. Em geral, os sistemas equipados com torre de arrefecimento utilizam um trocador de calor montado no chassis, cujo "lado frio" deve ser conectado à torre. O "balanceamento" do sistema é feito por uma bomba de água "não tratada" que circula a água para a parte superior da torre de arrefecimento. Neste local a água é arrefecida por meio de sua evaporação parcial e então retorna ao trocador de calor do grupo gerador. Deve-se notar que este sistema necessita da adição contínua de água, pois a sua evaporação parcial reduz continuamente a quantidade da água de arrefecimento no sistema. O "lado quente" do sistema do trocador de calor é similar àquele descrito anteriormente no ítem "*Trocador de Calor Montado no Chassis (Skid)*".

a) Esta é uma bomba secundária. A bomba (principal) de arrefecimento do motor é a que faz circular o líquido de arrefecimento através do "lado quente" do sistema.

b) O termo água "não tratada" refere-se à água com um grau de pureza adequado apenas para este tipo de aplicação industrial. Não é água potável e nem, tampouco, água com excesso de contaminantes.

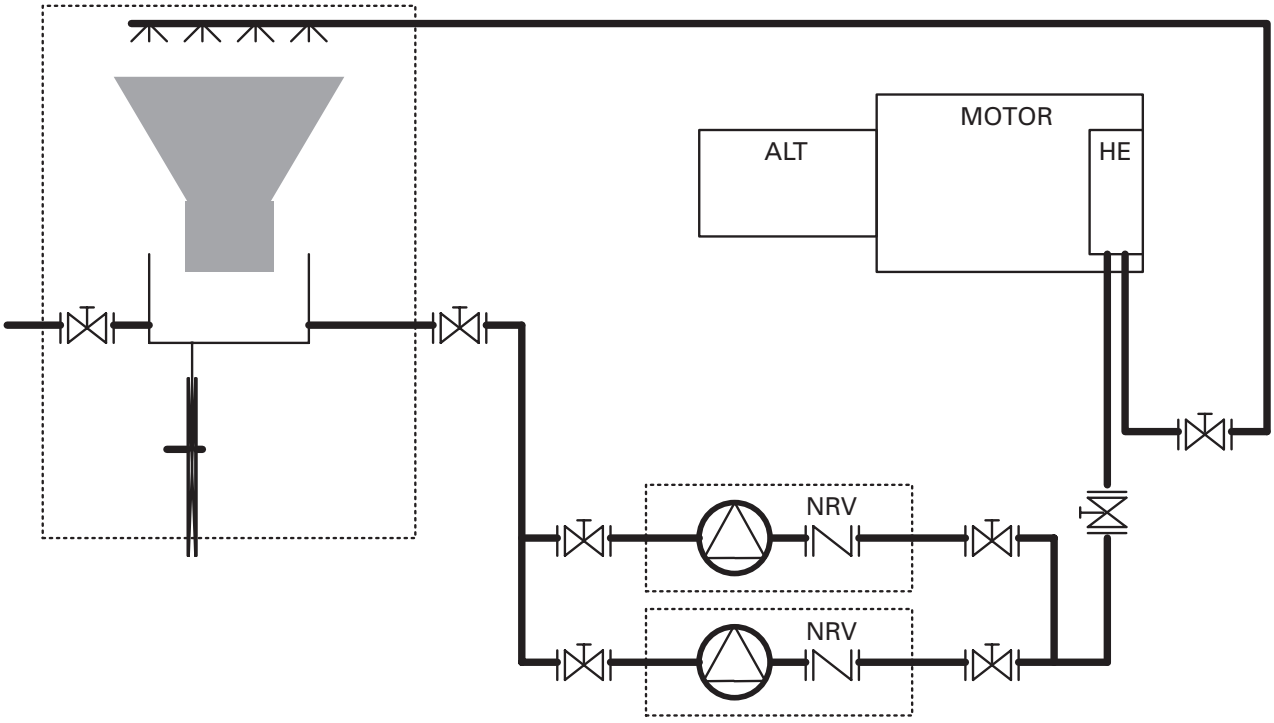


Figura 6-41. Diagrama ilustrativo de um sistema de arrefecimento equipado com uma torre de arrefecimento.

Arrefecimento do combustível utilizando-se radiadores remotos

Em algumas situações os grupos geradores podem incluir radiadores para o arrefecimento do combustível com a finalidade de atender à requisitos de motores específicos. Caso um motor seja equipado com um radiador separado para o arrefecimento do combustível, estas especificações referentes ao arrefecimento devem ser incluídas no projeto do sistema de arrefecimento. Além deste procedimento ser incompatível com as normas técnicas, em geral, não é possível canalizar o combustível para um local remoto. Uma alternativa é incluir um radiador e um ventilador para o arrefecimento do combustível no espaço próximo ao gerador e levar em conta mais esta fonte de dissipação do calor no projeto de ventilação do recinto (ou sala) do gerador. Outra alternativa pode ser o uso de um sistema de arrefecimento para o combustível equipado com um trocador de calor e utilizando um radiador remoto ou um suprimento de água separado para o lado do líquido de arrefecimento.

Cálculos para o dimensionamento da tubulação de arrefecimento

O projeto ("*layout*") preliminar da tubulação para um sistema de arrefecimento equipado com radiador remoto, como o apresentado na **Figura 6-35**, requer 60 pés de tubos com diâmetro de 3 polegadas, três conexões grandes do tipo "cotovelo", duas válvulas "gaveta" ("gate valve") para isolar o radiador durante serviços de manutenção ou reparos no motor e uma conexão do tipo "T" para conectar a tubulação de abastecimento. A "*Folha de Especificações Técnicas*" do grupo gerador utilizado no exemplo na **Figura 6-35** indica que o fluxo do líquido de arrefecimento deve ser de **123 gpm** e que o valor máximo permitido para as perdas de pressão devidas ao "atrito viscoso" (*"friction head"*) é de **5 psi**.

Este procedimento envolve o cálculo da perda de pressão devida ao "atrito viscoso" (*"friction head"*) causada por cada um dos componentes utilizados e, posteriormente, a comparação da soma dos valores de todas as perdas individuais de pressão com o valor máximo permitido para a perda total de pressão devida ao "atrito viscoso" (*"friction head"*).

Exemplo:

1. Calculo da perda de pressão no radiador em função dos dados do fabricante. Para este exemplo, vamos assumir que a perda de pressão é de 1 psi para um fluxo de 135 gpm.

2. Determinação dos "comprimentos lineares" equivalentes para todas as conexões e válvulas utilizando os dados da **Tabela 6-5** e adição dos valores obtidos para se obter comprimento total equivalente ao de um tubo reto:

Três Grandes Cotovelos: 3 x 5,2	15,6
Duas Válvulas com Pórticos (Abertos): 2 x 1,7	3,4
"T" (Percurso Reto)	5,2
60 Pés de Tubo Reto	60,0
Comprimento Equivalente do Tubo (pés)	**84,2**

3. Calculo da contrapressão ao fluxo por unidade de comprimento do tubo para o diâmetro nominal do tubo utilizado como exemplo no sistema. Neste exemplo utiliza-se um tubo com diâmetro nominal de 3 pol. Seguindo as linhas tracejadas indicadas na **Figura 6-42**, 3 pol. de tubo causam aproximadamente uma perda de pressão de **1,65 psi** para cada **100 pés** de tubo.

4. Calculo da perda de pressão na tubulação como segue:
   Perda na Tubulação = 84,2 pés x 1,65 psi/100 pés = **1,39 psi**

5. A perda total do sistema corresponde à soma das perdas parciais na tubulação e no radiador:
   Perda Total de Pressão = 1,39 psi (na tubulação) + 1,00 psi (no radiador) = **2,39 psi**

6. O cálculo neste exemplo indica que o "*layout*" do sistema de arrefecimento com radiador remoto é adequado considerando-se as perdas "atrito viscoso" (*"friction head"*) no líquido de arrefecimento, uma vez que este valor não é maior o limite máximo permitido. Caso o cálculo resultasse num valor excessivo para perda de pressão por "atrito viscoso" no líquido de arrefecimento, o cálculo deveria ser repetido simulando-se a utilização do tubo com maior diâmetro imediatamente superior na escala de classificação para diâmetros de tubulações.

   Uma vez feitos os cálculos, deve-se comparar as vantagens e desvantagens de se utilizar tubos com maior diâmetro ao invés de se utilizar tubos com menor diâmetro e uma bomba auxiliar para o líquido de arrefecimento.

TIPO DA CONEXÃO	TAMANHO NOMINAL DOS TUBOS EM POLEGADAS (MILÍMETROS)										
	1/2 (15)	3/4 (20)	1 (25)	1 1/4 (32)	1 1/2 (40)	2 (50)	2 1/2 (65)	3 (80)	4 (100)	5 (125)	6 (150)
Cotovelo padrão de 90º ou "T" com redução de 1/2	1,7 (0,5)	2,1 (0,6)	2,6 (0,8)	3,5 (1,1)	4,1 (1,2)	5,2 (1,6)	6,2 (1,9)	7,7 (2,3)	10 (3,0)	13 (4,0)	15 (4,6)
Cotovelo longo de 90º ou "T" sem redução	1,1 (0,3)	1,4 (0,4)	1,8 (0,5)	2,3 (0,7)	2,7 (0,8)	3,5 (1,1)	4,2 (1,3)	5,2 (1,6)	6,8 (2,1)	8,5 (2,6)	10 (3,0)
Cotovelo de 45º	0,8 (0,2)	1,0 (0,3)	1,2 (0,4)	1,6 (0,5)	1,9 (0,6)	2,4 (0,7)	2,9 (0,9)	3,6 (1,1)	4,7 (1,4)	5,9 (1,8)	7,1 (2,2)
Curva com retorno fechado	4,1 (1,2)	5,1 (1,6)	6,5 (2,0)	8,5 (2,6)	9,9 (3,0)	13 (4,0)	15 (4,6)	19 (5,8)	25 (7,6)	31 (9,4)	37 (11,3)
"T", lado de entrada ou de saída	3,3 (1,0)	4,2 (1,3)	5,3 (1,6)	7,0 (2,1)	8,1 (2,5)	10 (3,0)	12 (3,7)	16 (4,9)	20 (6,1)	25 (7,6)	31 (9,4)
Válvula de pé e filtro	3,7 (1,1)	4,9 (1,5)	7,5 (2,3)	8,9 (2,7)	11 (3,4)	15 (4,6)	18 (5,5)	22 (6,7)	29 (8,8)	36 (11,0)	46 (14,0)
Válvula unidirecional (válvula de retenção), totalmente aberta	4,3 (1,3)	5,3 (1,6)	6,8 (2,1)	8,9 (2,7)	10 (3,0)	13 (4,0)	16 (4,9)	20 (6,1)	26 (7,9)	33 (10,1)	39 (11,9)
Válvula globo, totalmente aberta	19 (5,8)	23 (7,0)	29 (8,8)	39 (11,9)	45 (13,7)	58 (17,7)	69 (21,0)	86 (26,2)	113 (34,4)	142 (43,3)	170 (51,8)
Válvula em ângulo, totalmente aberta	9,3 (2,8)	12 (3,7)	15 (4,6)	19 (5,8)	23 (7,0)	29 (8,8)	35 (10,7)	43 (13,1)	57 (17,4)	71 (21,6)	85 (25,9)
Válvula gaveta, totalmente aberta	0,8 (0,2)	1,0 (0,3)	1,2 (0,4)	1,6 (0,5)	1,9 (0,6)	2,4 (0,7)	2,9 (0,9)	3,6 (1,1)	4,7 (1,4)	5,9 (1,8)	7,1 (2,2)

Tabela 6-5. Comprimentos lineares equivalentes para conexões de tubos e válvulas, em pés (metros).

Tratamento para o líquido de arrefecimento

O líquido anticongelante (à base de etileno-glicol ou propileno-glicol) e a água são misturados para diminuir o ponto de congelamento do líquido de arrefecimento e para elevar o seu ponto de ebulição. Consulte a **Tabela 6-7** para determinar a concentração adequada de etileno-glicol ou de propileno-glicol necessária para proteger o sistema de arrefecimento contra o congelamento na temperatura ambiente mais fria que se avalia possa ser atingida no local da instalação.

As porcentagens da mistura de anticongelante/água na faixa entre 30/70 e 60/40 são as recomendadas para a maioria das aplicações.

NOTA: *O anticongelante à base de propileno-glicol é menos tóxico que o anticongelante à base de etileno-glicol e oferece maior proteção às camisas dos cilindros do motor. Além disso não existe a necessidade que sejam tomadas providências especiais ou que seja feito o relato às agências ambientais no caso de ocorrer algum vazamento acidental ou quando é feito o dercarte deste fluído. Todavia, o líquido de arrefecimento à base de propileno-glicol não é tão eficiente quanto o feito à base de etileno-glicol e, portanto, a capacidade do sistema de arrefecimento (a sua temperatura máxima de operação com carga plena) será um pouco inferior para os sistemas que utilizem propileno-glicol.*

Os grupos geradores da Cummins Power Generation com capacidade de 125/100 kW, ou superiores (fabricados nos EUA), são equipados com filtros (substituíveis após um determinado tempo de uso) e elementos filtrantes para o tratamento do líquido de arrefecimento com o objetivo de minimizar a formação de incrustrações e a corrosão no interior do sistema de arrefecimento. Estes grupos geradores são compatíveis com a maioria dos fluídos anticongelantes existentes. Para grupos geradores de menor porte, o anticongelante também deve conter um inibidor de corrosão.

Os grupos geradores cujos motores sejam equipados com camisas “substituíveis” para os cilindros do motor exigem o uso de aditivos suplementares para o líquido de arrefecimento (SCA's - Suplementary Coolant Additives) para a proteção das camisas dos cilindros contra o desgaste por atrito e a corrosão, conforme especificado no “manual do motor” e no “manual do operador do grupo gerador”.

MISTURA BÁSICA		PORCENTAGENS DE MISTURA (ANTI-CONGELANTE / ÁGUA)					
		0/100	30/70	40/60	50/50	60/40	95/5
ETILENO GLICOL	PONTO DE CONGELAMENTO	32º F (0º C)	4º F (–16º C)	–10º F (–23º C)	–34º F (–36º C)	–65º F (–54º C)	8º F (–13º C)
	PONTO DE EBULIÇÃO	212º F (100º C)	220º F (104º C)	222º F (106º C)	226º F (108º C)	230º F (110º C)	345º F (174º C)
PROPILENO GLICOL	PONTO DE CONGELAMENTO	32º F (0º C)	10º F (–12º C)	–6º F (–21º C)	–27º F (–33º C)	–56ºF (–49º C)	–70º F (–57º C)
	PONTO DE EBULIÇÃO	212º F (100º C)	216º F (102º C)	219º F (104º C)	222º F (106º C)	225º F (107º C)	320º F (160º C)

Tabela 6-7. Pontos de Congelamento e Pontos de Ebulição *vs.* Concentração de Anticongelante

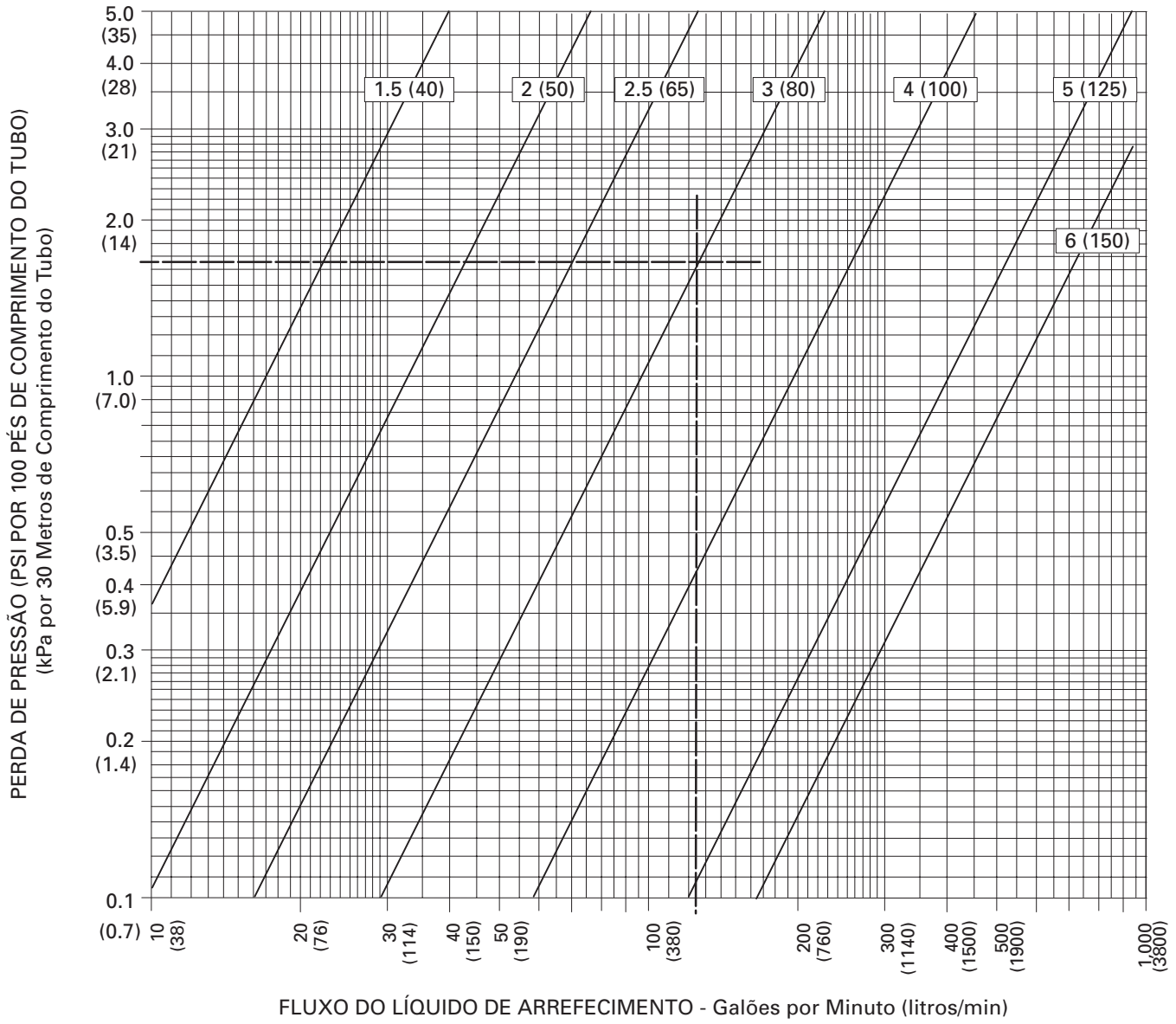


Figura 6-42. Valores das perdas de pressão por “atrito viscoso” para tubos com diâmetros nominais em polegadas (metros)

Ventilação

Diretrizes Gerais

A ventilação no recinto do gerador é necessária para remover o calor emitido pelo motor, alternador e demais equipamentos que também emitem calor e integram o grupo gerador. A ventilação no recinto também é necessária para remover gases de escape potencialmente perigosos e fornecer ar fresco para a combustão no motor.

NOTA: *A frase "recinto do grupo gerador" ("sala do grupo gerador") e o termo "recinto" ("sala") são utilizados ao longo de todo este capítulo. Entretanto, os princípios discutidos aqui são aplicáveis para quaisquer meios de escapsulamento do grupo gerador. Para os propósitos deste capítulo, o termo "recinto" ("sala") pode ser considerado como sinônimo de "carenagem", "compartimento", "contêiner", ou qualquer outra estrutura (de alvenaria, metálica, etc.) que possa ser utilizada para envolver e proteger o grupo gerador.*

O projeto de um sistema para ventilação e/ou a sua instalação inadequada pode levar aos seguintes problemas:

- Situações de perigo ou de risco para os indivíduos da equipe responsável pelo grupo gerador (se aplicável);
- A elevação excessiva da temperatura ao redor do grupo gerador e, que, podem levar a um desempenho "fraco" (ineficaz) e/ou ao superaquecimento do equipamento.
- Desempenho "fraco" (ineficaz) do equipamento em ambientes com climas frios caso a maneira como o equipamento foi instalado não o proteja completamente da umidade à baixas temperaturas.
- Surgimento de problemas em outros equipamentos instalados no mesmo *"recinto"* que o grupo gerador e, que, podem ser sensíveis à temperaturas altas ou baixas.

Requisitos para o sistema de ventilação

- Os coletores de escape do motor e os turbocompressores não devem ser isolados térmicamente. (Veja o ítem "*Determinação dos Requisitos para o Fluxo de Ar*", neste capítulo);
- Não devem ser utilizados isolamentos rígidos nas juntas de expansão. (Veja o ítem "*Determinação dos Requisitos para o Fluxo de Ar*", neste capítulo);
- O calor emitido por outras fontes além do grupo gerador deve ser levado em consideração no projeto do sistema de ventilação. (Veja o ítem "*Determinação dos Requisitos para o Fluxo de Ar*", neste capítulo);
- A entrada e a saída para ventilação do recinto do grupo gerador devem:
  - Permitir um fluxo de ar de magnitude suficiente para suprir todo o volume de ar necessário para a combustão total no motor e para a suprir o fluxo de ar necessário para a ventilação através do recinto. (Veja o ítem "*Requisitos para Entrada e Saída de Ar no Projeto de Ventilação do Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo);
  - Permitir o fluxo de ar para "ventilação" (arrefecimento) flua em torno de todo o grupo gerador, desde o alternador até o radiador. (Veja o ítem "*Diretrizes para a Entrada e Saída de Ar no Projeto de Ventilação do Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo);
  - O ar utilizado para "ventilação" do grupo gerador deve ser expelido diretamente para fora do recinto. (Veja o ítem "*Diretrizes para a Entrada e Saída de Ar no Projeto de Ventilação do Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo);
  - Permitir que a quantidade necessária de ar fresco possa fluir através de cada grupo gerado em uma instalação que contenha múltiplos grupos geradores. (Veja o ítem "*Ventilação em Instalações que Contenham Múltiplos Grupos Geradores*", neste capítulo).
- O fabricante das venezianas utilizadas nas entradas e saídas de ar do *"recinto"* do grupo gerador deve ser consultado sobre os valores limite para a velocidade do ar. (Veja o ítem "*Cálculo da Área Efetiva para a Entrada e Saída do Fluxo de Ar no Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo);
- As tubulações utilizadas para a descarga do radiador devem ser auto-sustentáveis. (Veja o ítem "*Diretrizes para a Entrada e Saída de Ar no Projeto de Ventilação do Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo);
- O sistema de ventilação deve ser projetado para funcionar de maneira adequada sempre que todas as portas de entrada para acesso ou serviços/manutenção ao "recinto" do grupo gerador estejam fechadas (ou seja, uma porta de acesso não deve ser considerada como uma entrada de ar). Todas as portas do "recinto" do grupo gerador devem permanecer fechadas durante o seu funcionamento e manter o fluxo de ar para ventilação conforme as especificações originais do projeto. (Veja o ítem "*Pressão Negativa no Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo);

- O percurso para a tubulação de respiro do cárter deve ser projetado de modo que os vapores emitidos não possam causar corrosão ao equipamento. (Veja o ítem "*Ventilação do Cárter do Motor*", neste capítulo);
- Caso o respiro do cárter seja submetido a algum tipo de modificação, a pressão do cárter deve ser medida conforme a sua especificação nominal. A pressão deve ser positiva mas não exceder o valor de 3 pol. de coluna de água (0,75 kPa). (Veja o ítem "*Ventilação do Cárter do Motor*", neste capítulo);
- Para os conjuntos formados por radiador e ventilador montados diretamente no grupo gerador, o limite para o fluxo total de ar no "recinto" do grupo gerador não deve ultrapassar o valor máximo especificado na "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador. (Veja o ítem "*Restrição ao Fluxo de Ar no Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo);
- As venezianas utilizadas para o controle do fluxo de ar através do recinto do grupo gerador devem abrir imediatamente assim que o grupo gerador entre em funcionamento nas instalações dos tipos "Emergência" e "Standby". Em locais de clima frio, as venezianas podem ser abertas parcialmente para permitir apenas a entrada do ar necessário para a combustão no motor e serem ajustadas automaticamente para controlar a temperatura no interior do recinto. (Veja o ítem "*Operação das Venezianas no Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo);
- Caso uma parede de contenção necessite ser instalada, ela deve ser posicionada a uma distância de não menos que 1x a altura da veneziana de descarga (saída de ar) em relação à altura da edificação. Para que o desempenho do projeto seja otimizado, a parede deve estar posicionada a uma distância de aproximadamente 3x a altura da veneziana de descarga em relação à altura da edificação (parede). (Veja o ítem "*Paredes de Contenção*", neste capítulo);
- Sempre que for instalada uma parede de contenção o projeto também deverá incluir a instalação de uma tubulação ou de uma calha para o desvio do fluxo de ar da saída de ventilação ("*turning vane*") e de um dreno (para remoção da umidade condensada). (Veja o ítem "*Paredes de Contenção*", neste capítulo);
- Caso sejam instalados filtros no sistema de ventilação, também deve ser instalado um sistema para detectar o entupimento dos filtros. (Veja o ítem "*Filtragem do Ar Utilizado para Ventilação*", neste capítulo).

Recomendações para o sistema de ventilação

- A tubulação para os gases de escape e os silenciadores devem possuir isolamento. (Para maiores detalhes sobre os requisitos relativos aos coletores e turbocompressores, veja o ítem "*Determinação dos Requisitos para o Fluxo de Ar*", neste capítulo);
- A medida da temperatura máxima no exterior do recinto do grupo gerador deve ser feita próxima à entrada de ar. (Veja o ítem "*Determinação dos Requisitos para o Fluxo de Ar*", neste capítulo);
- A velocidade do ar utilizado para ventilação deve ser limitada a um valor no intervalo entre 500 e 700 pés/min (150 e 220 metros/min) para evitar a sucção de água da chuva ou de neve para dentro do recinto do grupo gerador. Veja nos ítens anteriores as especificações sobre o uso de venezianas para controlar o fluxo e a velocidade do ar dentro do recinto do grupo gerador. (Veja o ítem "*Cálculo da Área Efetiva para a Entrada e Saída do Fluxo de Ar no Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo);
- Recomendações para o posicionamento da entrada e saída de ar para ventilação dentro do recinto do grupo gerador (Veja o ítem "*Diretrizes para a Entrada e Saída de Ar no Projeto de Ventilação do Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo):
  - A entrada para ventilação não deve estar localizada (posicionada) próxima à saída do escape do motor;
  - A entrada e saída para ventilação não devem estar localizadas na mesma parede;
  - A saída estar deve ser posicionada em um local que esteja "a favor do vento".
- Quaisquer equipamentos adicionais de combustão não devem ser colocados ou instalados dentro do recinto do grupo gerador. (Veja o ítem "*Pressão Negativa no Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo).

Determinação dos requisitos para o fluxo de ar no sistema de ventilação

Use o seguinte método de cálculo para determinar os requisitos para o fluxo de ar no recinto do grupo gerador.

ETAPA 1: Determine a quantidade de calor emitido pelo grupo gerador para o interior de seu recinto

O motor e o alternador irão emitir calor para a sala do grupo gerador. Na **Figura 6-43**, esta quantidade de calor é denominada de Q_{GS}. Consulte a "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador para determinar a quantidade de calor, como o ilustrado na **Figura 6-44**. Para o exemplo apresentado na **Figura 6-44** foi escolhido o grupo gerador Cummins DFXX Standby, cujo Q_{GS} é de 5530,0 Btu/min (5,9 MJ/min).

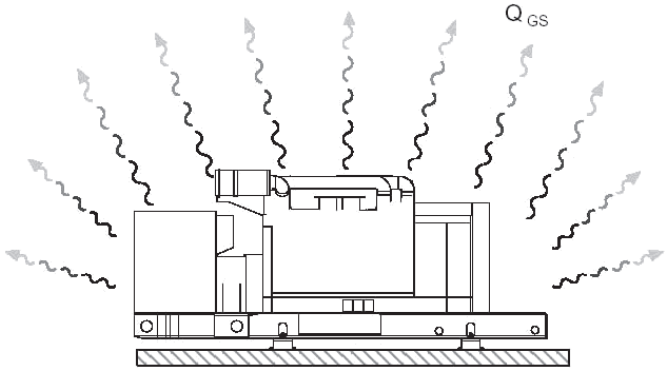


Figura 6-43. Quantidade de calor emitido para dentro do recinto do grupo gerador (Q_{GS}).

ETAPA 2: Determine a quantidade de calor emitido pelo silencioso e pela tubulação de escape para o recinto

O silencioso e a tubulação de escape irão emitir calor para a sala do grupo gerador, conforme o ilustrado na **Figura 6-45**. Utilize a **Tabela 6-6** para fazer uma estimativa deste valor.

Para o sistema mostrado na **Figura 6-45**, suponha que há há uma tubulação não isolada com 10 pés de comprimento e 5 pol. de diâmetro (3 metros de comprimento e 127 mm de diâmetro) e um silencioso localizado na sala do grupo gerador. Da **Tabela 6-6**, o calor emitido da tubulação (Q_P) e do silencioso (Q_M) pode ser determinado:

Q_P = 10 pés • 139 Btu/(min•pé) = 1390 Btu/min.

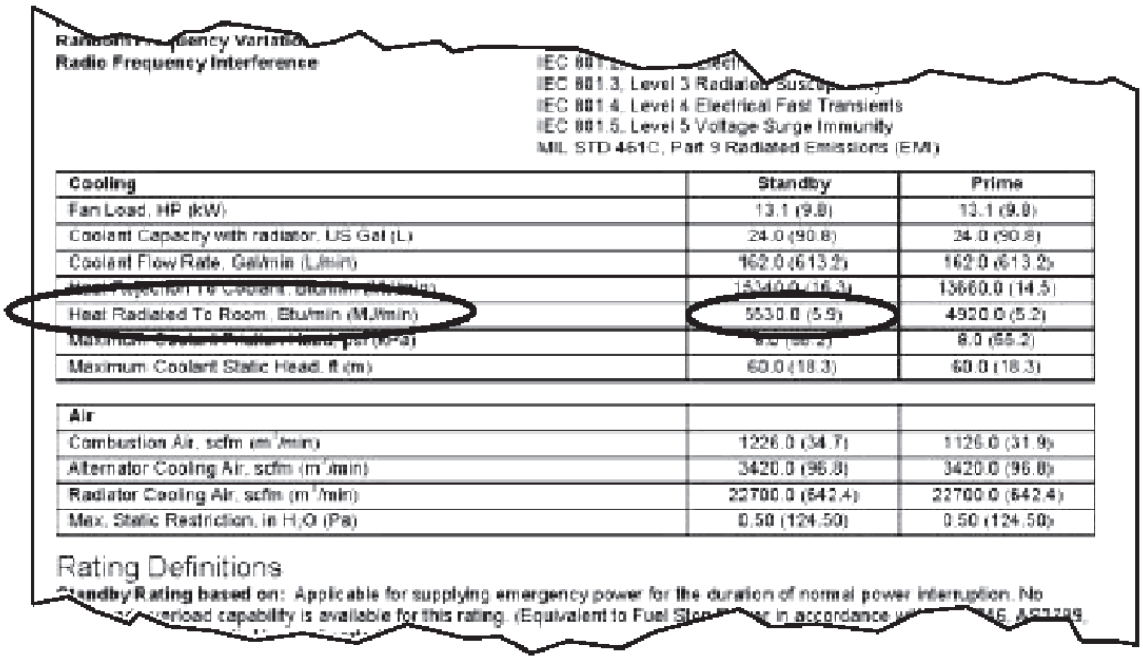
ou:

Q_P = 3,0 m • 481 kJ/(min•m) = 1443 kJ/min = 1,44 MJ/min

Q_M = 1501 Btu/min

ou:

Q_M = 1584 kJ/min = 1,58 MJ/min


Radio Frequency Interference

IEC 801.4, Level 4 Electrical Fast Transients
IEC 801.5, Level 5 Voltage Surge Immunity
MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	13.1 (9.8)	13.1 (9.8)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	162.0 (613.2)	162.0 (613.2)
[illegible]	13340.0 (16.3)	13660.0 (14.5)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	5530.0 (5.9)	4920.0 (5.2)
[illegible]	[illegible]	8.0 (55.2)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air		
Combustion Air, scfm (m³/min)	1226.0 (34.7)	1126.0 (31.9)
Alternator Cooling Air, scfm (m³/min)	3420.0 (96.8)	3420.0 (96.8)
Radiator Cooling Air, scfm (m³/min)	22700.0 (642.4)	22700.0 (642.4)
Max. Static Restriction, in H2O (Pa)	0.50 (124.50)	0.50 (124.50)

Rating Definitions

Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No [illegible] overload capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Stop [illegible] in accordance [illegible]

Figura 6-44. Exemplo de uma "*Folha de Especificações Técnicas*" para um grupo gerador DFXX.

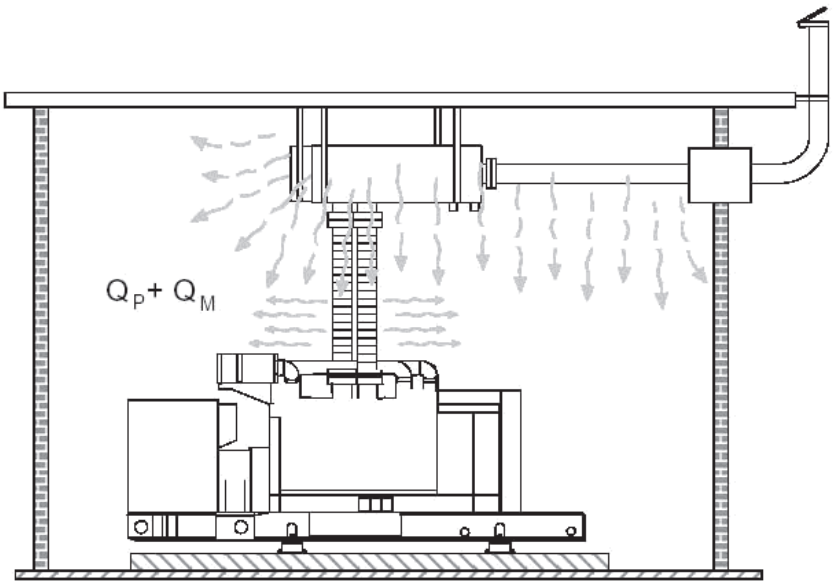


Figura 6-45. Quantidade de calor emitido para dentro do recinto do grupo gerador pela tubulação de escape e pelo silencioso.

Note que os valores fornecidos na **Tabela 6-6** e as equações apresentadas como exemplo referem-se à tubulações de escape e silenciosos não isolados. A Cummins recomenda o uso de isolamento para a tubulação de escape e para os silenciosos, com o objetivo de reduzir a quantidade de calor emitida para dentro do recinto do grupo gerador. Os equipamentos "originais de fábrica", com o radiador já montado no grupo gerador são projetados e desenvolvidos com o pressuposto de que a tubulação de escape será isolada. Como regra geral, utilize o equivalente a 30% das quantidades de calor fornecidas na **Tabela 6-6** para sistemas isolados.

O uso de isolamento nos coletores de escape do motor e nos turbocompressores pode causar danos ao equipamento. Além disso, não devem ser utilizados isolamentos rígidos nas juntas de expansão. Para maiores detalhes, veja a seção **"***Sistema de Escape***",** neste manual, ou entre em contato com o distribuidor Cummins local para ter acesso ao documento AEB 60.05.

- A tubulação de escape e silenciosos devem ser isolados;
- Os coletores de escape do motor e os turbocompressores não devem ser isolados;
- Não devem ser utilizados isolamentos rígidos nas juntas de expansão.

Diâmetro do Tubo Polegadas (mm)	Calor do Tubo Btu/min/pés (kJ/min/m)	Calor do Silencioso Btu/min (kJ/min)
3 (76)	87 (301)	922 (973)
3.5 (98)	99 (343)	1047 (1105)
4 (102)	112 (388)	1175 (1240)
5 (127)	139 (481)	1501 (1584)
6 (152)	164 (568)	1944 (2051)
8 (203)	213 (737)	2993 (3158)
10 (254)	268 (928)	3668 (3870)
12 (305)	318 (1101)	5463 (5764)
14 (356)	367 (1270)	8233 (8686)

Tabela 6-6. Estimativa para a quantidade de calor emitido para dentro do recinto do grupo gerador por uma tubulação de escape e pelo silencioso, ambos sem isolamento[15].

15) Os funcionários da Cummins podem ter acesso ao Cummons Technical Report 9051-2005-003 para documentação destes valores.

ETAPA 3: Determine a quantidade de calor emitido por outras fontes para o interior de recinto

- O calor emitido por outras fontes deve ser considerado no projeto do sistema de ventilação.

Outras fontes de calor incluem o quadro de distribuição, compressores, iluminação, luz solar através das janelas e qualquer outro equipamento que produza calor. Nas equações a seguir, esta quantidade de calor é denominada como Q_{AUX}.
Para o sistema utilizado como exemplo, assuma que não há fontes adicionais de calor no recinto do grupo gerador.

ETAPA 4: Calcule a quantidade total de calor emitido por outras fontes para o interior de recinto

Para achar o calor total emitido para o recinto do grupo gerador, some todos os valores obtidos nas etapas 1 a 3:

$$Q_{TOT} = Q_{GS} + Q_P + Q_M + Q_{AUX}$$

Para o equipamento utilizado como exemplo, obtemos:

$$Q_{TOT} = 5530\ Btu/min + 1390\ Btu/min + 1501\ Btu/min + 0\ Btu/min = 8421\ Btu/min$$

ETAPA 5: Determine o "Aumento Máximo Aceitável de Temperatura" no interior do recinto (ou sala)

Para determinar o aumento máximo aceitável da temperatura no interior do recinto do grupo gerador, primeiro determine a temperatura máxima exterior do recinto (MAX T_{EXT}) e a temperatura máxima aceitável da sala (MAX T_{SALA}). Deve-se utilizar como valor de referência para a temperatura máxima no exterior do recinto (sala) a temperatura mais alta possível na região geográfica onde o grupo gerador estiver instalado. Em condições ideais, esta temperatura deve ser medida num local próximo à entrada de ar do recinto do grupo gerador. As temperaturas em locais próximos à edificações podem ser significativamente mais altas que temperaturas em espaços abertos.

- A temperatura exterior máxima deve ser medida próxima à entrada de ar.

Para determinar a temperatura máxima aceitável no interior do recinto do grupo gerador, consulte as normas técnicas para a edificação onde o equipamento está instalado, as normas técnicas locais, as especificações técnicas fornecidas pela brigada de incêndio, a temperatura máxima de operação do grupo gerador antes da redução, a capacidade do sistema de arrefecimento e demais fatores. Tenha em mente que o grupo gerador pode não ser o equipamento mais sensível à temperatura no interior do recinto. As temperaturas máximas aceitáveis no recinto podem ser definidas pelos limites de tolerância à temperatura de outros equipamentos.

O aumento máximo aceitável da temperatura no recinto do grupo gerador é de:

$$\Delta T = \text{Max } T_{SALA} - \text{Max } T_{EXT}$$

Para o sistema de exemplo, assuma que o grupo gerador está localizado em uma região onde a temperatura máxima exterior na entrada da sala é de 90ºF (32,2ºC) e a temperatura máxima aceitável na sala é de 104ºF (40ºC). O aumento máximo aceitável da temperatura da sala do grupo gerador é:

$$\Delta T = 104°F - 90°F = 14°F \quad \text{ou} \quad \Delta T = 40°C - 32,2°C = 7,8°C$$

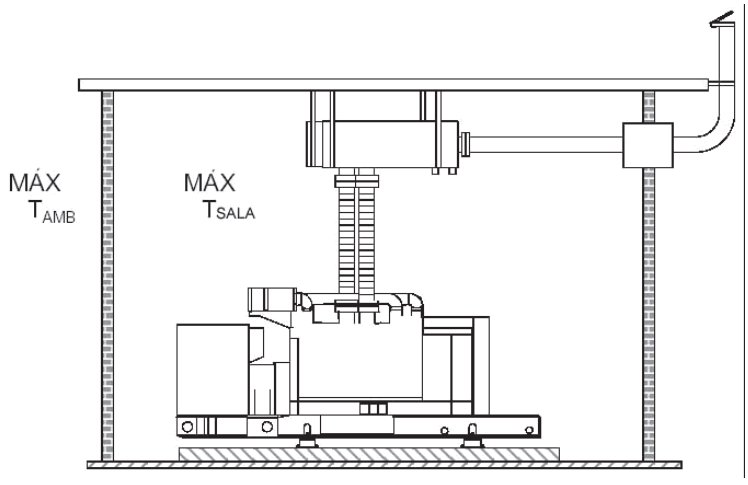
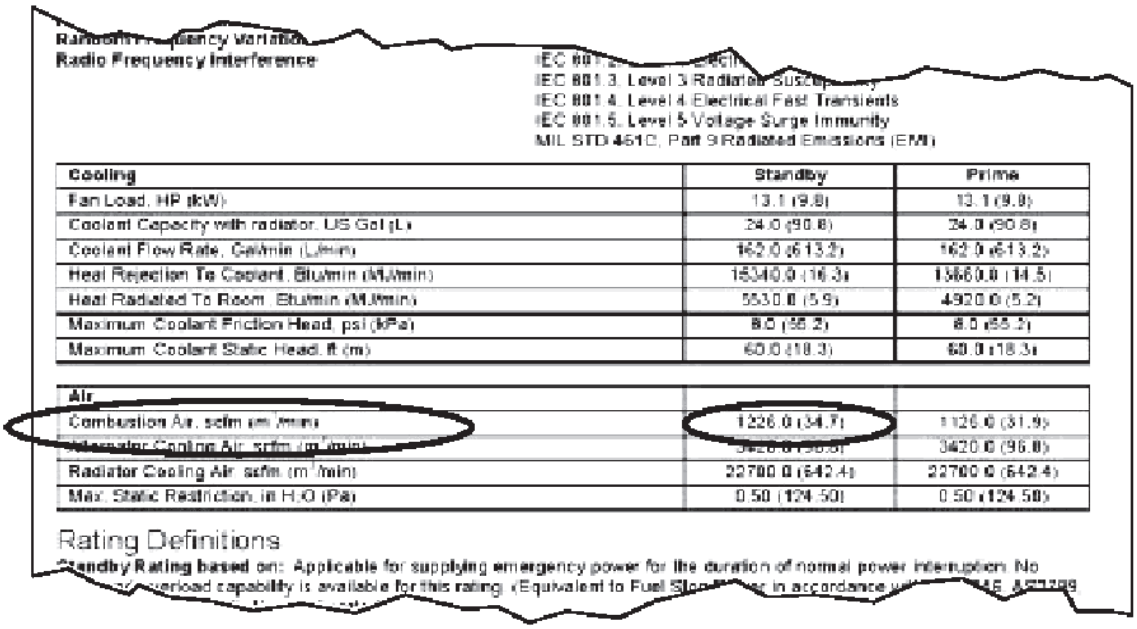


Figura 6-46. "Temperatura máxima aceitável dentro do recinto do grupo gerador" e "temperatura ambiente".

ETAPA 6: Determine o Requisito de Fluxo de Ar de Combustão

Determine o valor do fluxo de ar necessário para a combustão seguindo as especificações apresentadas na "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador, conforme o exemplo apresentado na **Figura 6-47**. Para o grupo gerador Cummins DFXX Standby, utilizado como exemplo, este valor é 1226,0 cfm (34,7 m³/min).



Radio Frequency Interference

IEC 801.4, Level 4 Electrical Fast Transients
IEC 801.5, Level 5 Voltage Surge Immunity
MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	13.1 (9.8)	13.1 (9.8)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	162.0 (613.2)	162.0 (613.2)
Heat Rejection To Coolant, Btu/min (MJ/min)	15340.0 (16.3)	13660.0 (14.5)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	553.0 (5.9)	4920.0 (5.2)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	8.0 (55.2)	8.0 (55.2)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air		
Combustion Air, scfm (m³/min)	1226.0 (34.7)	1126.0 (31.9)
Alternator Cooling Air, scfm (m³/min)	3428.0 (97.0)	3420.0 (96.8)
Radiator Cooling Air, scfm (m³/min)	22700.0 (642.4)	22700.0 (642.4)
Max. Static Restriction in H₂O (Pa)	0.50 (124.50)	0.50 (124.50)

Rating Definitions

Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No overload capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Stop Power in accordance with

Figura 6-47. Exemplo de uma "*Folha de Especificações Técnicas*" para um grupo gerador DFXX.

ETAPA 7: Calcule o fluxo total de ar que deve passar através do recinto do grupo gerador

Em primeiro lugar, o fluxo total de ar necessário para controlar a elevação da temperatura no interior do recinto do grupo gerador, conforme as especificações do projeto, é determinado pela fórmula:

$$V_{SALA} = \frac{Q_{TOT}}{(c_p)\bullet(\Delta T)\bullet(d)}$$

onde:

V_{SALA} = fluxo de ar de ventilação forçado mínimo; cfm (m³/min);
Q_{TOT} = calor total emitido para a sala (etapa 4); Btu/min (MJ/min);
c_p = calor do ar específico com pressão constante; 0,241 Btu/lb/°F (1,01 x 10^{-3} MJ/kg/°C);
ΔT = elevação da temperatura no recinto do grupo gerador em relação à temp. externa (etapa 5); °F (°C);
d = densidade do ar; 0,0750 lb/pé³ (1,20 kg/m³).

$$V_{SALA} = \frac{8421 \text{ Btu/min}}{(0{,}241 \text{ Btu/lb} \bullet °F) \bullet (14°F) \bullet (0{,}075 \text{ lb/pé}^3)} = 33728 \text{ cfm}$$

ou:

$$V_{SALA} = \frac{8{,}92 \text{ MJ/min}}{(1{,}01\text{x}10^{-3} \text{ MJ/kg} \bullet °C) \bullet (7{,}8°C) \bullet (1{,}20 \text{ kg/m}^3)} = 944 \text{ m}^3\text{/min}$$

Em seguida, some o valor obtido para V_{SALA} ao valor do fluxo de ar necessário para a combustão, obtido na Etapa 6, para determinar o fluxo total de ar necessário:

$$V_{TOT} = V_{SALA} + V_{COMB}$$

Para o sistema de exemplo,

$$V_{TOT} = 33278 \text{ cfm} + 1226 \text{ cfm} = 34504 \text{ cfm}$$

ou:

$$V_{TOT} = 944 \text{ m}^3\text{/min} + 34{,}7 \text{ m}^3\text{/min} = 979 \text{ m}^3\text{/min}$$

ETAPA 8: Ajuste do valor do fluxo de ar em função da altitude

A densidade do ar atmosférico diminui à medida em que a altitude aumenta. Portanto, um grupo gerador que esteja em funcionamento em altitudes mais elevadas irá exigir um fluxo de ar de maior intensidade (maior capacidade volumétrica por unidade de tempo) do que um grupo gerador que esteja em funcionamento ao nível do mar. Isso é necessário para que, independente da altitude, os diferentes fluxos de ar sempre desloquem a mesma quantidade equivalente de massa de ar por unidade de tempo. A correção para o valor para o fluxo de ar, calculado da Etapa 7, é feita aumentado-se este valor em 3% para cada 1000 pés (305 metros) do valor da altitude acima do nível do mar correspondente ao local da instalação do grupo gerador.
Este cálculo pode ser feito utilizando-se a seguinte fórmula:

$$V_{ADJ} = \frac{(\text{Alt})\bullet(0{,}03)\bullet(V_{TOT})}{\text{Alt}_{REF}} + V_{TOT}$$

onde:

V_{ADJ} = fluxo de ar ajustado em função da altitude; cfm (m³/min);
Alt = altitude no local de instalação; pé (m);
Alt_{REF} = altitude referência; 1000 pés (305m);
V_{TOT} = fluxo total de ar necessário, calculado na Etapa 7; cfm (m³/min).

Assuma que o sistema de exemplo seja instalado em uma altitude de 5000 pés (1524 metros).

$$V_{ADJ} = \frac{(5000 \text{ pés})\bullet(0{,}03)\bullet(34504 \text{ cfm})}{1000 \text{ pés}} + 34504 \text{ cfm} = 39680 \text{ cfm}$$

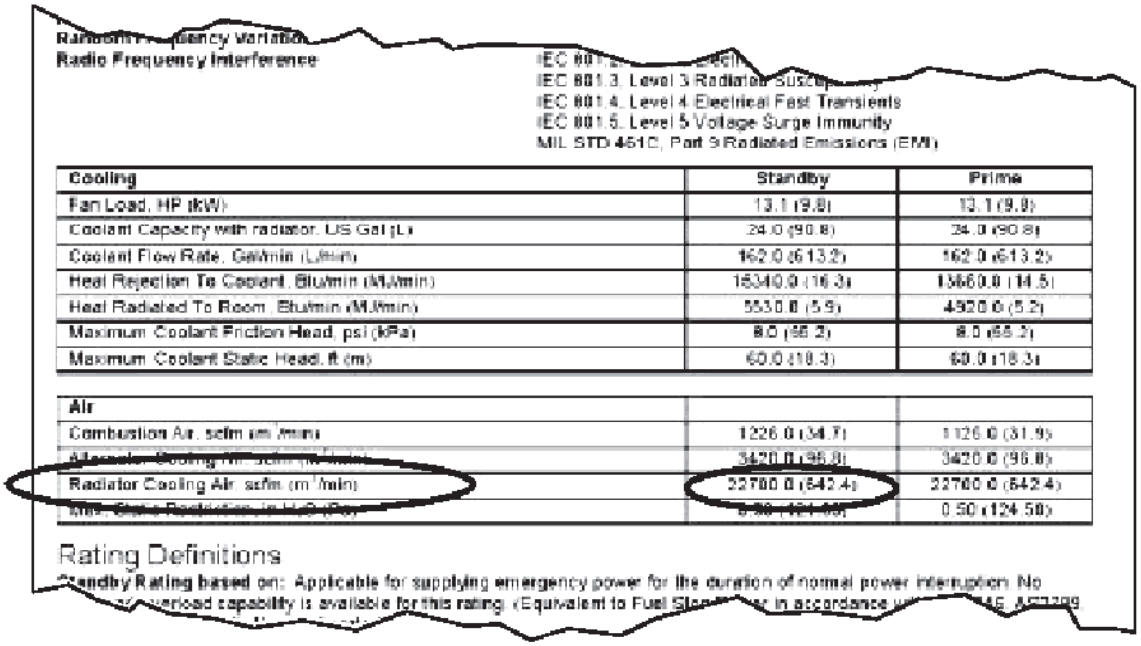
ou:

$$V_{ADJ} = \frac{(1524\text{m})\bullet(0{,}03)\bullet(979 \text{ m}^3\text{/min})}{305 \text{ m}} + 979 \text{ m}^3\text{/min} = 1126 \text{ m}^3\text{/min}$$

O valor final (V_{ADJ}) corresponde ao fluxo “efetivo” de ar necessário nas condições de altitude do local da instalação. Os fornecedores dos equipamentos para ventilação podem necessitar de informações adicionais para determinar o equipamento adequado para a instalação.

ETAPA 9: Determine as especificações para um sistema de ventilação auxiliar

Caso o grupo gerador já tenha um radiador e ventilador "originais de fábrica", determine o valor do "*volume de ar para o arrefecimento do radiador*" ("*Radiator Coolong Air*") ou "fluxo de ar para o sistema de arrefecimento" ("*Cooling System Airflow*") consultando a "*Folha de Dados Técnicos*" do grupo gerador. Este valor corresponde ao fluxo de ar que o ventilador "original de fábrica" no grupo irá proporcionar. Para o grupo gerador DFXX Cummins Standby, que está sendo utilizado como exemplo, este valor é indicado no exemplo apresentado na **Figura 6-48**. Este valor é 22700,0 cfm (642,4 m³/min).


Radio Frequency Interference
IEC 801.3, Level 3 Radiated Susceptibility
IEC 801.4, Level 4 Electrical Fast Transients
IEC 801.5, Level 5 Voltage Surge Immunity
MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	13.1 (9.8)	13.1 (9.8)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	162.0 (613.2)	162.0 (613.2)
Heat Rejection To Coolant, Btu/min (MJ/min)	15340.0 (16.3)	15660.0 (16.5)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	5530.0 (5.9)	4920.0 (5.2)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	8.0 (55.2)	8.0 (55.2)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air		
Combustion Air, scfm (m³/min)	1226.0 (34.7)	1126.0 (31.9)
[illegible]	3420.0 (96.8)	3420.0 (96.8)
Radiator Cooling Air, scfm (m³/min)	22700.0 (642.4)	22700.0 (642.4)
[illegible]	[illegible]	0.50 (124.50)

Rating Definitions

Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No overload capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Stop Power in accordance with ISO 3046, AS2789

Figura 6-48. Exemplo de uma "*Folha de Especificações Técnicas*" para um grupo gerador DFXX.

Compare valor calculado para o fluxo total de ar (V_{ADJ}), obtido na **Etapa 8**, com o valor do "fluxo de ar para o sistema de arrefecimento" ("*Cooling System Airflow*") contido na documentação técnica do grupo gerador.

Caso o valor de V_{ADJ} seja menor que o valor do "*volume de ar para o arrefecimento do radiador*" ("*Radiator Cooling Air*"), o ventilador "original de fábrica" instalado no grupo gerador irá proporcionar um fluxo de ar para ventilação maior que o necessário e não haverá a necessidade da instalação de ventiladores auxiliares. Para que este raciocínio seja válido é necessário presumir que o valor da restrição ao "*fluxo total de ar*" esteja dentro de seus limites especificados. (Veja o ítem "*Restrição ao Fluxo de Ar no Recinto do Grupo Gerador*", neste capítulo).

Caso o valor de V_{ADJ} seja maior que o valor do "*volume de ar para o arrefecimento do radiador*" ("*Radiator Cooling Air*"), o ventilador "original de fábrica" instalado no grupo gerador não irá proporcionar um fluxo de ar para ventilação com a intensidade necessária e será necessário o uso de ventiladores auxiliares. Os ventiladores auxiliares devem compensar a diferença entre V_{ADJ} e o valor do "fluxo de ar para o sistema de arrefecimento" ("*Cooling System Airflow*"). O ventilador auxiliar deve ser dimensionado e posicionado de tal forma que possa complementar a operação do ventilador "original de fábrica" instalado no grupo gerador, ao invés de competir com ele por mais ar do exterior.

Caso o grupo gerador utilizado como exemplo fosse equipado com um radiador e ventilador "originais de fábrica", o valor de V_{ADJ} = 39680 cfm (1126 m³/min) seria maior do que o valor do "*volume de ar para o arrefecimento do radiador*" ("*Radiator Cooling Air*"), que corresponde à 22700,0 cfm (642,4 m³/min), e, portanto, seriam necessários ventiladores auxiliares para o recinto do grupo gerador. Estes ventiladores deveriam gerar um fluxo de 39680 cfm - 22700,0 cfm = 16980 cfm (1126 m³/min - 642,4 m³/min = 483,6 m³/min).

Nota: *Este exemplo apresenta um equipamento circunstâncias extremas. Na maioria das aplicações, os ventiladores "originais de fábrica"instalados no grupo gerador são capazes de fornecer o fluxo de ar necessário para a ventilação. No entanto, estes cálculos* ***devem*** *ser efetuados para verificar se o ventilador é, de fato, adequado.*

Caso o grupo gerador não seja equipado um radiador e ventilador "originais de fábrica", os ventiladores instalados no recinto do grupo gerador deverão proporcionar um fluxo de ar total correspondente ao valor calculado na **Etapa 8**.

Caso o grupo gerador utilizado neste exemplo não estivesse equipado um radiador e ventilador "originais de fábrica", os ventiladores instalados no recinto do grupo gerador deverão proporcionar um fluxo de ar total correspondente a 39680 cfm (1126 m³/min).

Requisitos para entrada e saída de ar no projeto de ventilação do recinto do grupo gerador

- A entrada e saída de ar do recinto do grupo gerador devem permitir o fluxo total de ar através do recinto.

Caso o grupo gerador esteja equipado um radiador e ventilador "originais de fábrica", o valor do fluxo total de ar através do recinto do grupo gerador deverá corresponder ao valor do "fluxo de ar para ventilação" (V_{ADJ}) calculado na Etapa 8 do ítem anterior, ou então, ao valor do "fluxo de ar para o sistema de arrefecimento" ("*Cooling System Airflow*") calculado na Etapa 9 do ítem anterior. O valor escolhido deverá ser aquele que for o mais elevado. Um exemplo de sistema é mostrado na **Figura 6-49**.

Caso o grupo gerador não esteja equipado um radiador e ventilador "originais de fábrica", o fluxo total de ar através do recinto do grupo gerador deverá corresponder ao valor do "fluxo de ar para ventilação" (V_{ADJ}) calculado na Etapa 8 do ítem anterior. Um sistema de exemplo é mostrado na **Figura 6-50**.

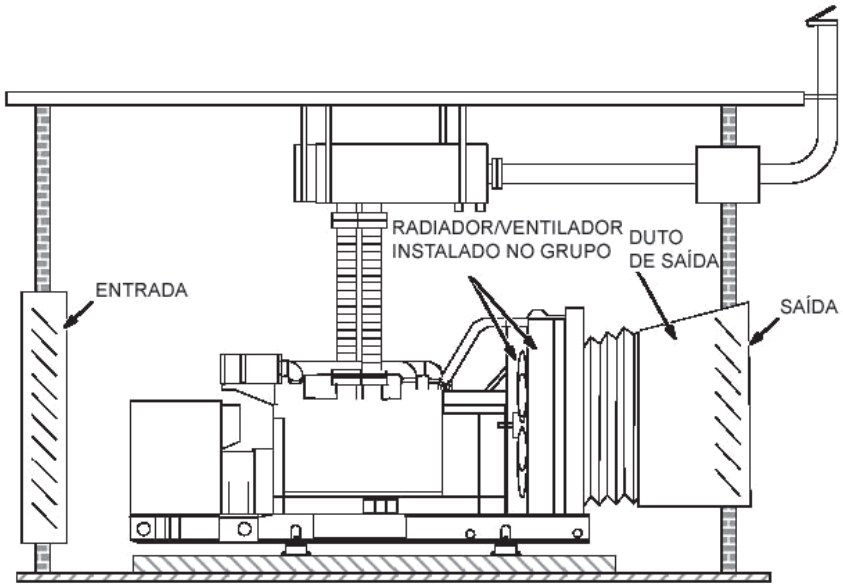


Figura 6-49. Exemplo das instalações para ventilação de um grupo gerador equipado um radiador e ventilador "originais de fábrica".

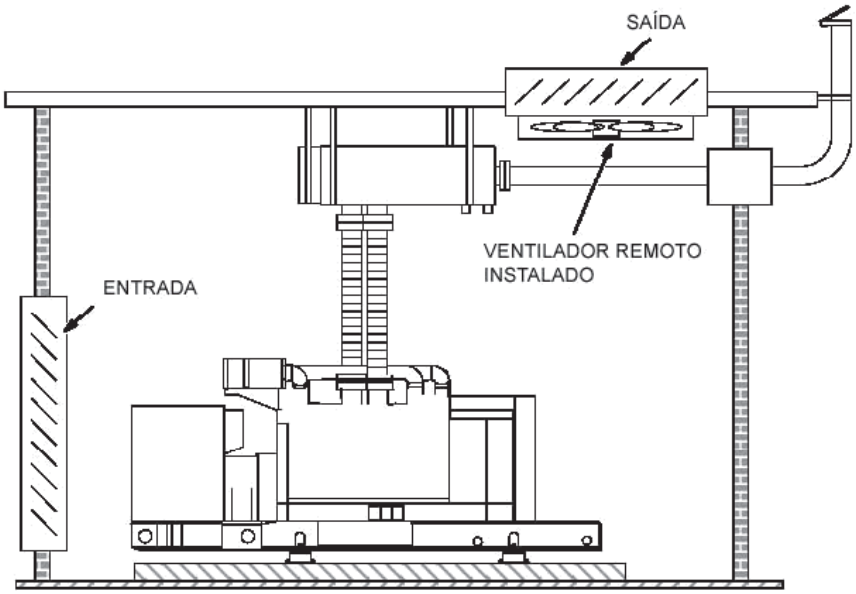


Figura 6-50. Exemplo das instalações para ventilação de um grupo gerador equipado um sistema de arrefecimento remoto (não equipado com radiador e ventilador "originais de fábrica"). (Nota: O sistema de arrefecimento não é apresentado nesta ilustração).

Cálculo da área efetiva para a entrada e saída do fluxo de ar no recinto do grupo gerador

- A velocidade do ar deve ser limitada a um valor entre 500 e 700 pés/min (2,5 e 3,6 metros/segundo) para evitar que a água da chuva ou a neve sejam sugadas para dentro do recinto do grupo gerador.
- Para instalações que utilizem venezianas na entrada e/ou saída de ar, o valor de referência para os limites de velocidade do ar devem ser aqueles fornecidos pelo fabricante das venezianas.

Em geral, limitar a velocidade do ar a um valor entre 500 e 700 pés/min (2,5 e 3,6 metros/segundo) ajudará a impedir que a água da chuva chuva e a neve sejam sugadas para dentro do recinto do grupo gerador. Para instalações que utilizem venezianas, deve-se verificar com o fabricante das venezianas as especificações técnicas referentes aos limites para a velocidade do ar.

As venezianas e telas instaladas na entrada e/ou na saída de ar restringem o fluxo de ar e podem alterar significativamente em desempenho do grupo gerador. Por exemplo, um conjunto de venezianas com lâminas estreitas tende a obstruir mais a passagem do ar do que uma veneziana com lâminas largas. O valor da "área livre efetiva" especificada pelo fabricante da veneziana ou da tela deve ser utilizada nos cálculos.

O valor da "área livre efetiva" para o fluxo de ar exigida para a entrada e/ou saída de ar pode ser calculada como:

$$A = \frac{V}{S}$$

onde:
A = área efetiva de fluxo; pé² (m²);
V = fluxo volumétrico de ar; cfm (m³/min);
S = velocidade do ar; pé/min (m/min);

Para o equipamento escolhido como exemplo, vamos presumir que são utilizadas venezianas na entrada e na saída de ar e o fabricante da veneziana especifica que o valor limite para a velocidade do fluxo de ar seja de 400 pés/min. (122 m/min).

$$A = \frac{V}{S} = \frac{39680 \text{ cfm}}{400 \text{ pés/min}} = 99{,}2 \text{ pés}^2$$

ou:

$$A = \frac{V}{S} = \frac{1126 \text{ m}^3/\text{min}}{122 \text{ m/min}} = 9{,}2 \text{ m}^2$$

Do resultado acima podemos concluir que podem ser necessárias venezianas com uma área efetiva de 99,2 pés² (9,2 m²) para o fluxo de ar.

Diretrizes para a entrada e saída de ar no projeto de ventilação do recinto do grupo gerador

Estas diretrizes e recomendações tem por objetivo auxiliar no projeto de um sistema de ventilação adequado para proporcionar um fluxo ar através do grupo gerador capaz de manter a integridade do sistema.

- As entradas e saídas de ventilação devem estar localizadas de uma tal forma que o ar possa fluir através de todo o grupo gerador, desde o alternador até o radiador.
- O ar utilizado para ventilação deve ser sugado do exterior e, posteriormente, descarregado no exterior.
- Os dutos utilizados para a descarga do radiador devem ter uma estrutura auto-sustentável.
- A entrada e a saída de ventilação não devem estar localizadas na mesma parede.
- A entrada de ventilação não deve estar localizada perto da saída de escape do motor.
- As saídas de ventilação devem estar localizadas o mais alto possível e as entradas de ventilação devem estar localizadas o mais baixo possível. Esta regra tem por objetivo proporcionar um fluxo de ar fresco através de todo o grupo gerador.
- A saída de ventilação deve estar posicionada em um local a favor do vento (dessa forma o ar aquecido que eliminado pela saída de ventilação tende a ser levado para longe do equipamento).

Na figura **Figura 6-51** são apresentados layouts com a "vista superior" de projetos para recintos (salas) classificados como "recomendados", "aceitáveis" e "inaceitáveis".

Na figura **Figura 6-52** são apresentados layouts com a "vista lateral" de projetos para recintos (salas) classificados como "recomendados" e "inaceitáveis".

Nota: *Para grupos geradores com equipados com radiador "original de fábrica", não é possível posicionar a saída de ventilação num ponto elevado do recinto do grupo gerador. Assim sendo, o projeto classificado como "recomendado" na* ***Figura 6-52*** *aplica-se apenas aos sistemas com arrefecimento remoto.*

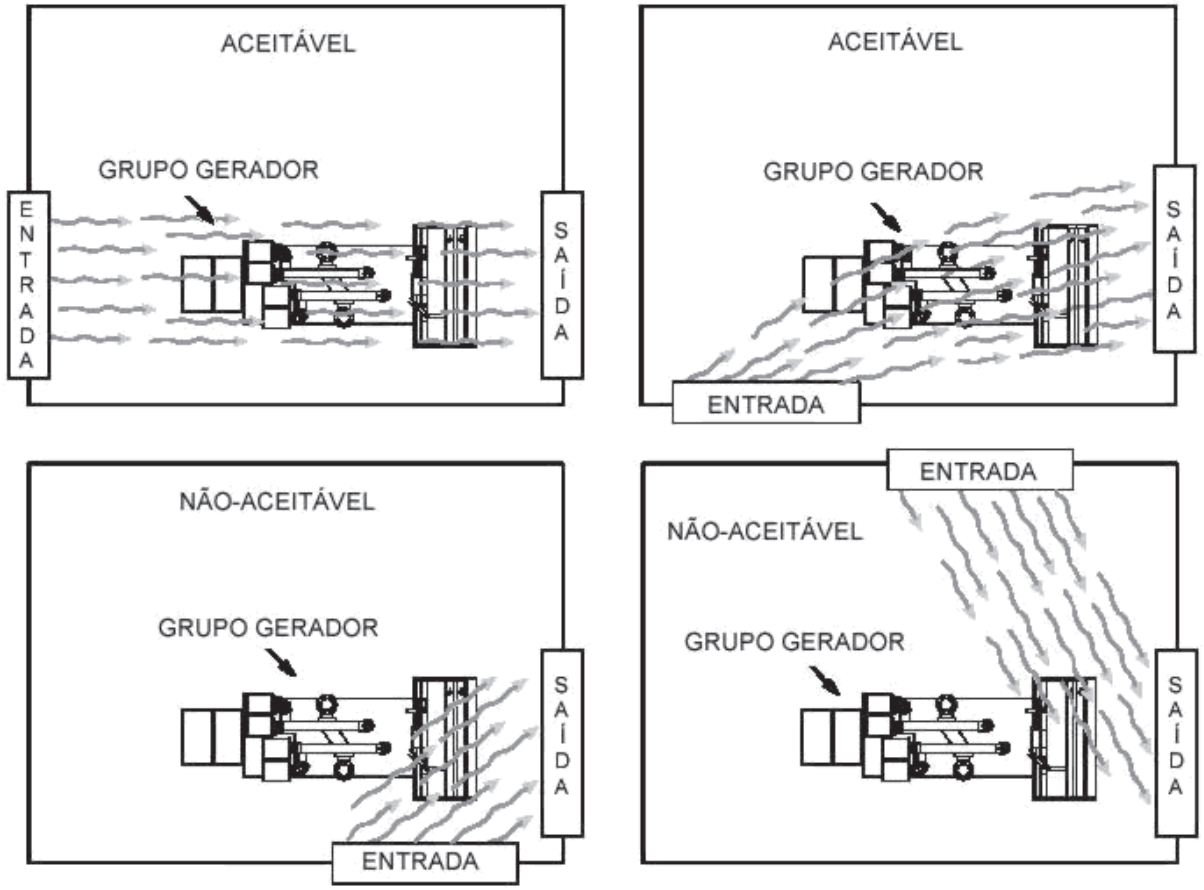


Figura 6-51. "Vistas superiores" de layouts para recintos de grupos geradores.

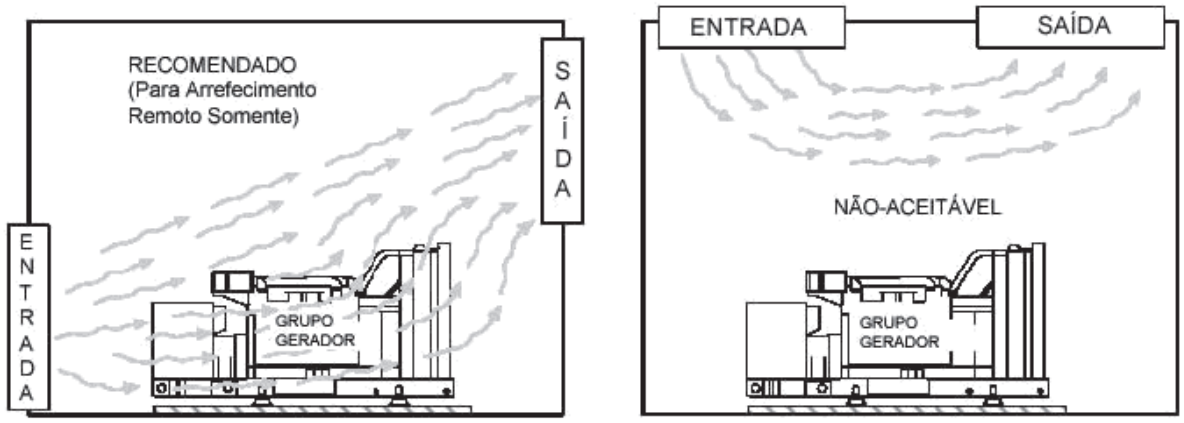


Figura 6-52. "Vistas laterais" de layouts para recintos de grupos geradores.

Pressão negativa no recinto do grupo gerador

- O sistema de ventilação deve ser projetado para funcionar de maneira adequada sempre que todas as portas de entrada para acesso ou serviços/manutenção ao recinto do grupo gerador estiverem fechadas. Todas as portas do "recinto" do grupo gerador devem permanecer fechadas durante o seu funcionamento e manter o fluxo de ar para ventilação conforme as especificações originais do projeto;
- Nenhum equipamento adicional de combustão deve ser colocado ou instalado dentro do recinto do grupo gerador.

O sistema de ventilação pode fazer com que a pressão dentro do recinto do grupo gerador torne-se ligeiramente negativa. É recomendável que demais equipamentos que funcionem por meio de combustão, tais como as caldeiras de aquecimento do prédio, não sejam colocados dentro do mesmo recinto que grupo gerador devido à possibilidade da pressão tornar-se negativa. Caso isto seja inevitável, existe a possibilidade de que estes equipamentos influenciem no desempenho do sistema de arrefecimento, ou ainda, que ocorram outros efeitos prejudiciais tais como o retorno dos gases de escape dos demais equipamentos de combustão ("*flue backdraft*") para dentro do recinto. Em situações como estas, pode ser necessário reduzir a pressão negativa para um "nível aceitável" por meio de mudanças nas especificações do projeto das instalações, tais como o dimensionamento das aberturas e/ou os dutos de entrada de ventilação para tamanhos extra grandes, ou então, por meio do uso de ventiladores de pressurização, etc.

Independente de qual seja a pressão dentro do recinto do grupo gerador, "sempre" deve ser possível para a equipe responsável pelo equipamento abrir a porta de acesso para o recinto em casos de emergência.

Ventilação do cárter do motor

- O percurso para a tubulação de respiro do cárter deve ser projetado de modo que os vapores emitidos não possam causar corrosão ao equipamento;
- Caso o respiro do cárter seja submetido a algum tipo de modificação, a pressão do cárter deve ser medida conforme a sua especificação nominal. A pressão deve ser positiva mas não exceder o valor de 3 pol. de coluna de água (0,75 kPa).

O uso de sistemas abertos para a ventilação do cárter do motor irão fazer com que os vapores emitidos pelo cárter escapem para o recinto do grupo gerador. Estes vapores podem conter gotículas ("névoa") de óleo e contaminar o ambiente.

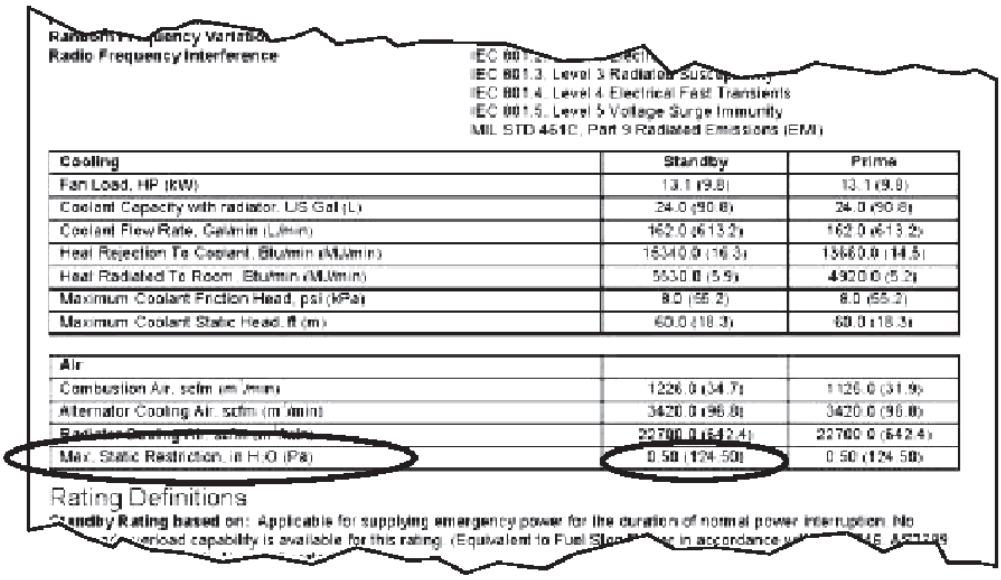
A tubulação de respiro do cárter deve ser acondicionada de modo que os vapores ("névoa") emitidos pelo cárter não possam contaminar a colméia do radiador, o alternador, o purificador de ar ou qualquer outro equipamento que possa ser sensível aos vapores de óleo. A possibilidade de que ocorra poluição ambiental também deve ser levada em consideração quando for instalada a tubulação. A tubulação de respiro do cárter não deve ter "pontos baixos" ou "declives" ("caídas") e a linha deve ser protegida contra o congelamento. A instalação da tubulação de respiro do cárter não deve acrescentar qualquer tipo de restrição ao funcionamento do sistema.

Caso o respiro do cárter seja submetido a algum tipo de modificação, a pressão do cárter deve ser medida conforme a sua especificação nominal. Esta pressão deve ser positiva e não exceder o valor de 3 pol. de coluna de água (0,75 kPa). O uso de tubulações excessivamente longas podem causar uma elevação na pressurização do cárter. Pode ser necessário o uso de uma tubulação menos longa ou com um diâmetro maior.

Restrição ao fluxo de ar no recinto do grupo gerador

- Para os conjuntos formados por radiador e ventilador montados diretamente no grupo gerador, o limite para o fluxo total de ar no “recinto” do grupo gerador não deve ultrapassar o valor máximo especificado na “Folha de Dados Técnicos” do grupo gerador.

Caso seja utilizado um conjunto formado por radiador e ventilador montados diretamente no grupo gerador, o limite para o fluxo total de ar no “recinto” do grupo gerador não deve ultrapassar o valor máximo especificado na “Folha de Dados Técnicos” do grupo gerador. Para o grupo gerador DFXX Cummins Standby, que está sendo utilizado como exemplo, este valor é indicado no exemplo apresentado na **Figura 6-53**. Este valor é de 0,50 polegadas de coluna de H_2O (124,50 Pa).



Radio Frequency Interference

IEC 801.4, Level 4 Electrical Fast Transients
IEC 801.5, Level 5 Voltage Surge Immunity
MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	13.1 (9.8)	13.1 (9.8)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	162.0 (613.2)	162.0 (613.2)
Heat Rejection To Coolant, Btu/min (MJ/min)	15340.0 (16.3)	13660.0 (14.5)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	5530.0 (5.9)	4920.0 (5.2)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	8.0 (55.2)	8.0 (55.2)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air		
Combustion Air, scfm (m³/min)	1226.0 (34.7)	1126.0 (31.9)
Alternator Cooling Air, scfm (m³/min)	3420.0 (96.8)	3420.0 (96.8)
Radiator Cooling Air, scfm (m³/min)	22700.0 (642.4)	22700.0 (642.4)
Max. Static Restriction, in H2O (Pa)	0.50 (124.50)	0.50 (124.50)

Rating Definitions

Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No overload capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Stop Power in accordance with ISO 3046, AS2789

Figura 6-53. Exemplo de uma “*Folha de Especificações Técnicas*” para um grupo gerador DFXX.

A entrada e saída de ventilação para o recinto do grupo gerador pode, eventualmente, causar uma restrição (diminuição ou obstrução) para o fluxo de ar utilizado para ventilação do equipamento. Veja um exemplo disso na **Figura 6-54**. A restrição para a entrada de ar utilizado na ventilação corresponde a uma diminuição no valor da pressão, denominado de ΔP_i, na **Figura 6-54**. A restrição para a saída de ar utilizado na ventilação corresponde a uma diminuição no valor da pressão através da saída ou de qualquer outro duto instalado. Este restrição é denominada de ΔP_o, na **Figura 6-54**.
A soma desses dois valores deve ser menor que o valor especificado para a “restrição máxima permitida”, apresentado na documentação técnica do grupo gerador:

$$\Delta P_i + \Delta P_o <$$ Restrição Estática Máxima (especificada na “*Folha de Dados Técnicos*” do Grupo Gerador).

No caso da restrição total do sistema ultrapassar o valor máximo permitido, isto irá resultar em um fluxo de ar reduzido. Um fluxo de ar reduzido irá impedir que o sistema de arrefecimento funcione dentro de sua faixa de temperatura ambiente nominal. Como resultado poderão ocorrer o superaquecimento e desligamento automático do equipamento.

Informações adicionais sobre o sistema de arrefecimento podem ser encontrados na “*Folha de Dados Técnicos*” do sistema de arrefecimento para o modelo correspondente de grupo gerador.

Como exemplo, vamos considerar a tabela apresentada na **Figura 6-55**. Presumindo que a tabela se refere à um grupo gerador utilizado numa aplicação do tipo “Standby”, operando em 50 Hz, instalado em um recinto cujo valor correspondente à restrição total ao fluxo de ar seja de 0,25 polegadas de coluna de água (6,4 mm de coluna de água). Considerando-se que o valor máximo permitido para a temperatura ambiente na qual o sistema de arrefecimento possa funcionar “sem restrições” seja de 50°C, a inclusão de uma restrição total ao fluxo de ar equivalente à 0,25 polegadas de coluna de água (6,4 mm de coluna de água), “*obriga*” a que o valor máximo permitido para a temperatura ambiente na qual o sistema de arrefecimento possa funcionar seja reduzido para 47°C.

Informações técnicas sobre os valores das quedas de pressão causadas pelas entradas e saídas de ventilação, venezianas, silenciosos, dutos, etc, devem ser obtidos junto aos respectivos fabricantes destes dispositivos, e seus valores devem corresponder aos valores previstos em projeto para o fluxo de ar para ventilação. Para instalações feitas na América do Norte, deve-se consultar as publicações ASHRAE ("American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers" - "Sociedade Americana de Engenheiros de Calefação, Refrigeração e Ar Condicionado") para recomendações sobre os projetos de dutos, caso seja necessária a utilização de dutos de ar.

Uma vez que todos os equipamentos estejam instalados no recinto do grupo gerador, o valor da restrição ao fluxo de ar deve ser medida para se assegurar de que esteja dentro dos limites especificados. Consulte o sub-ítem "*Restrição ao Fluxo de Ar*", contido no ítem "*Verificação do Sistema*", neste capítulo.

Caso um conjunto formado por radiador e ventilador instalados diretamente no próprio grupo gerador não esteja sendo utilizado, os ventiladores auxiliares devem ser capazes de proporcionar o volume de ar necessário para superar as restrições ao fluxo causadas pelas entradas e saídas de ventilação e para manter a temperatura do recinto conforme as especificações do projeto. Consulte os fornecedores dos equipamentos para qualquer tipo de assistência ou informações.

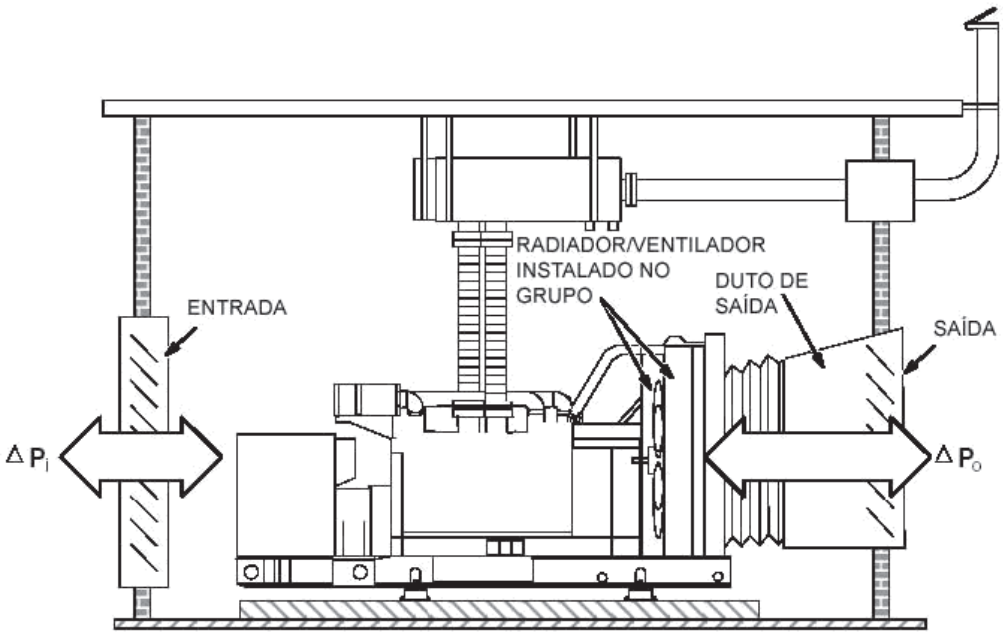


Figura 6-54. Exemplo das restrições ("obstruções") ao fluxo de ar na entrada e na saída de ventilação no recinto de .um grupo gerador.

Sistema de arrefecimento do radiador. Temperatura ambiente de 50°C.

Regime de operação		Taxa (kW)	Restrição estática ao fluxo de ar em arrefecimento máx. - Gerador aberto. (polegadas de água / mm de água)				Carenado ao ar livre. Sem restrição de descarga de ar.				
			0,0/0,0	0,25/6,4	0,5/12,7	0,75/19,1	F183	F184	F200	F201	F202
			Temperatura ambiente máxima permitida (°C)								
60Hz	Standby	300	50	50	48,2	N/A	43,9	N/A	45	45	44
	Prime	270	52,5	52	50,5	N/A	45	N/A	N/A	N/A	N/A
50Hz	Standby	275	50	47	42,8	N/A	40	N/A	N/A	N/A	N/A
	Prime	250	51,6	51,3	46,2	N/A	40,8	N/A	N/A	N/A	N/A

Figura 6-55. Exemplo de uma "*Folha de Dados Técnicos*" para um grupo gerador DFXX.

Ventilação em instalações que contenham múltiplos grupos geradores

- Numa instalação formada por um conjunto múltiplo de grupos geradores, cada grupo gerador deve receber o fluxo necessário de ar fresco para que possa funcionar adequadamente.

Em aplicações nas quais um conjunto múltiplo de grupos geradores são instalados todos no mesmo recinto, o sistema de ventilação deve ser projetado para que a quantidade de ar necessária flua através de cada grupo gerador. A principal característica de projeto de um sistema de ventilação utilizado em instalações deste tipo é manter um fluxo de ar uniforme através de cada uma das unidades (grupos geradores). Existem diversos métodos que podem ser utilizados para assegurar que isto ocorra, incluindo:

- O posicionamento correto das entradas e saídas de ventilação no recinto;
- Um projeto adequado para os dutos de ventilação.

Nas instalações formadas por um conjunto múltiplo de grupos geradores, é necessário tomar uma precaução adicional para garantir que o “ar quente” expelido pela ventilação de um determinado gerador não retorne pela entrada de qualquer outro grupo gerador.

Na **Figura 6-56** são apresentados exemplos de projetos de ventilação “bons” e “ruins”.

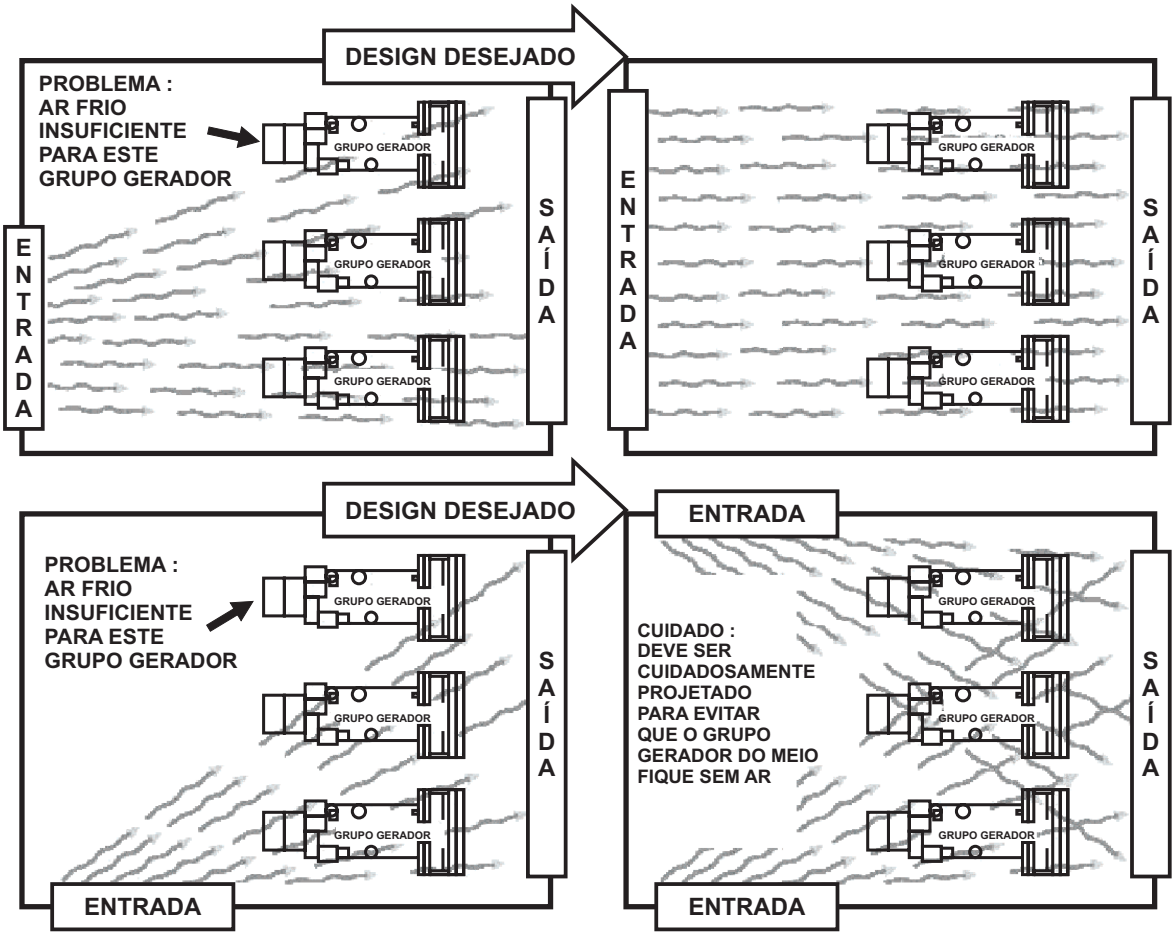


Figura 6-56. Exemplos de instalações de sistema de ventilação para um conjunto múltiplo de grupos geradores.

Operação das venezianas no recinto do grupo gerador

- As venezianas utilizadas para o controle do fluxo de ar através do recinto do grupo gerador devem abrir imediatamente assim que o grupo gerador entre em funcionamento nas instalações dos tipos “Emergência” e “Standby”. Em locais de clima frio, as venezianas podem ser abertas parcialmente para permitir apenas a entrada do ar necessário para a combustão no motor e serem ajustadas automaticamente para controlar a temperatura no interior do recinto.

Grupos geradores utilizados em instalações dos tipos “Emergência” e “Standby” são capazes de fornecer a sua carga nominal plena tão logo sejam acionados. Sempre que ocorrerem situações como estas é preciso garantir que as venezianas estejam abertas e permitam um fluxo total de ar tão logo o grupo gerador seja acionado.

Em locais de clima frio ou quando o grupo gerador é acionado ou testado com carga leve ou sem carga, o fluxo total de ar através do recinto do grupo gerador pode resultar em super-refrigeração. Em situações como estas, pode-se utilizar venezianas controladas por termostato para manter o valor da temperatura no interior do recinto em um intervalo aceitável e permitir um arrefecimento adequado. É preciso se precaver para não criar uma “pressão negativa” no interior do recinto e que possa representar um risco para a saúde da equipe no interior do recinto do grupo gerador.

É possível fazer com que o ar utilizado para ventilação “recircule” por dentro do recinto do grupo gerador como forma de controlar a temperatura no recinto sempre que o grupo gerador for utilizado em locais de clima frio. Este recurso permite que o grupo gerador possa se aquecer mais rapidamente e possibilita manter o combustível a temperaturas mais elevadas que o seu “ponto de névoa”. Um sistema de recirculação de ar deve ser controlado por meio de termostos para manter uma temperatura adequada no interior do recinto. Veja alguns exemplos na **Figura 6-57**.

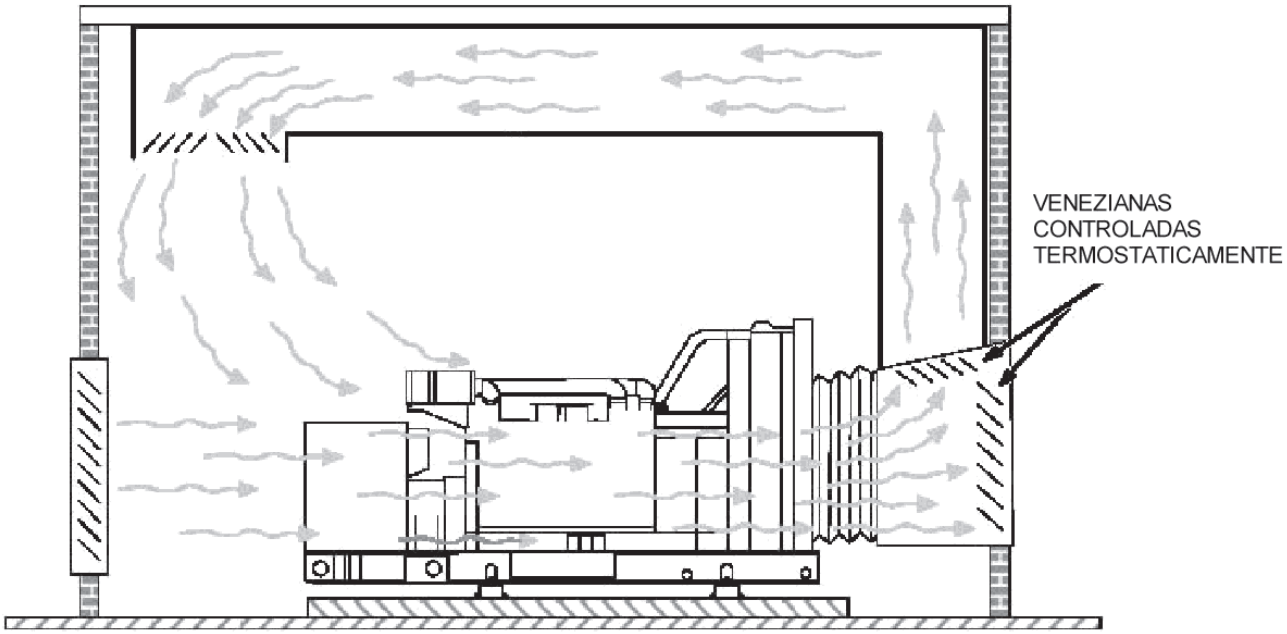


Figura 6-57. Exemplos de um sistema recirculação de ar utilizado para ventilação no interior do recinto do grupo gerador.

Paredes de contenção (“Barreiras”)

- Caso uma parede de contenção necessite ser instalada, ela deve ser posicionada a uma distância de não menos que 1x a altura da veneziana de descarga em relação à altura da edificação. Para que o desempenho do projeto seja otimizado, a parede deve estar posicionada a uma distância de aproximadamente 3x a altura da veneziana de descarga em relação à altura da edificação.
- Sempre que for instalada uma parede de contenção o projeto também deverá incluir a instalação de uma tubulação ou calha para desvio do fluxo da saída de ventilação (o termo “*turning vane*” do texto original em inglês pode ser aplicado à uma tubulação como também à um aerofólio) e de um dreno (para remoção da umidade acumulada no interior da tubulação).

Em geral, as paredes de contenção são construídas para desviar o vento proveniente da saída da ventilação. Um exemplo de parede de contenção é apresentado na **Figura 6-58**.

Uma parede de contenção deve ser posicionada a uma distância cujo valor seja pelo menos igual ao valor da distância entre a “saída do radiador” e a “saída de ventilação”. O desempenho do sistema pode ser otimizado caso a parede de contenção seja posicionada a uma distância equivalente a 3 vezes a distância entre a “saída do radiador” e a “saída de ventilação”.

O projeto da parede de contenção também deve incluir a instalação de uma tubulação ou calha para desvio do fluxo de ar da saída de ventilação (o termo “*turning vane*” do texto original em inglês pode ser aplicado à uma tubulação como também à um aerofólio ou defletor).

Deve ser instalado um dreno na tubulação para desvio do fluxo de ar da saída de ventilação com a finalidade de prevenir a entrada de água da chuva no recinto do grupo gerador

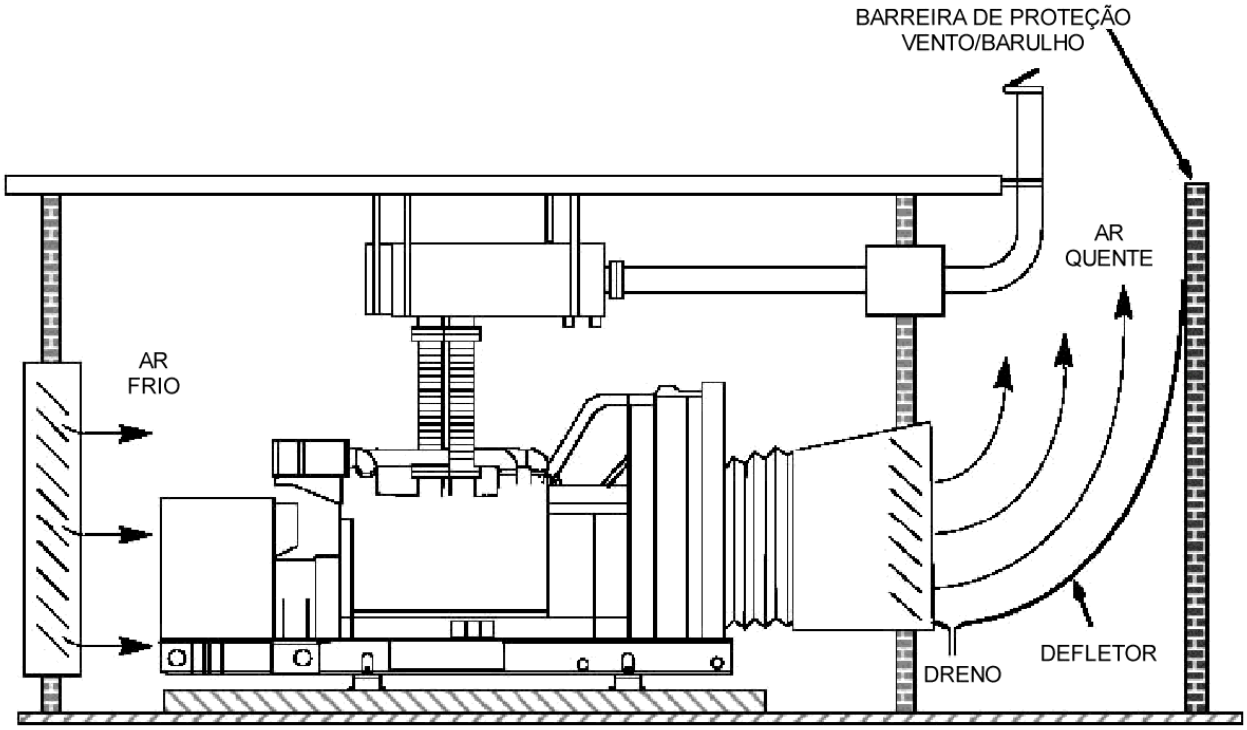


Figura 6-58. Exemplos de uma parede de contenção e de um defletor (“*turning vane*”) para desvio do fluxo de ar da saída de ventilação.

Filtragem do ar utilizado para ventilação

O recinto do grupo gerador deve ser mantido livre de sujeira e de detritos. Na maioria dos casos, o ar utilizado para ventilação pode estar contaminado com poeira, fibras, sal marinho, contaminantes químicos e outros materiais que podem exigir o uso de filtros especiais no sistema de ventilação para assegurar a limpeza do recinto, do motor e do alternador. Caso sejam instalados filtros no sistema de ventilação, deve-se avaliar a magnitude da "restrição" (obstrução) que eles causam no fluxo de ar. Para grupos geradores equipados com radiadores e ventiladores montados diretamente no equipamento a magnitude da "restrição" (obstrução) causada pelo filtro deve ser incluída nos cálculos da "restrição total" ao fluxo de ar.
O valor da "restrição total" ao fluxo de ar, incluindo aquela causada pelos friltros de ar, devem ser inferior ao valor máximo permitido para a "restrição total" ao fluxo de ar, especificada na documentação técnica do grupo gerador. (Para maiores informações, consulte o ítem "*Restrição ao Fluxo de Ar*", neste capítulo).

- Caso sejam instalados filtros no sistema de ventilação, também deve ser instalado um sistema para detectar o entupimento dos filtros.

Caso sejam instalados filtros no sistema de ventilação, também deve ser instalado um sistema avaliar as condições dos filtros e para detectar o seu possível entupimento. Para executar este tipo de função pode-se utilizar "detectores de queda de pressão" no sistema de ventilação do recinto. Outros métodos "confiáveis" de detecção também podem ser utilizados.

Efeito da altitude e da temperatura ambiente no sistema de ventilação

A altitude e a temperatura ambiente têm um efeito direto sobre a densidade do ar atmosférico. Portanto, a altitude e a temperatura ambiente no local de instalação do grupo gerador afetam a densidade do ar ao redor deste equipamento, o que, em consequência, afeta o motor, o alternador e o desempenho do sistema de arrefecimento. Para detalhes adicionais sobre este assunto, incluindo "Limitação de Temperatura Ambiente" ("LTA"), consulte os itens "*Sistema de Arrefecimento do Grupo Gerador*" e "*Condições Ambientais*", neste manual.

Verificação do sistema de ventilação

Depois do sistema de ventilação ser instalado, devem ser realizados testes de campo para garantir que as especificações originais do projeto sejam atendidas.

Aumento da temperatura dentro do recinto do grupo gerador

O seguinte procedimento pode ser utilizado para se fazer uma análise comparativa entre o aumento real da temperatura no interior do recinto do grupo gerador versus o valor previsto por meio de cálculos efetuados durante o projeto:

1. Acione o grupo gerador com carga máxima (o ajuste para um fator de potência igual a 1,0 é aceitável) por um intervalo de tempo suficiente para que o líquido de arrefecimento do motor ou a temperatura do óleo se estabilize. Isto deve demorar aproximadamente 1 hora.
2. Com o grupo gerador ainda funcionando em sua carga nominal, faça a medida da temperatura do ar dentro do recinto do grupo gerador em um ponto próximo à entrada do filtro de ar.
3. Faça a medida da temperatura do "ar externo" no mesmo local que foi especificado no sub-item "*Etapa 5*" do ítem "*Determinação dos requisitos para o fluxo de ar no sistema de ventilação*", neste capítulo.
4. Calcule a diferença entre os valores das temperaturas medidas na parte externa e no interior do recinto do grupo gerador.
5. Determine se foi ou não ultrapassado o valor previsto (previsto por meio de cálculos durante o projeto de instalação do equipamento) para a elevação da temperatura no interior do recinto do grupo gerador.

Caso a elevação da temperatura no interior do recinto do grupo gerador tenha ultrapassado o valor previsto em cálculo durante o projeto, deverão ser realizados testes mais minuciosos na instalação ou, eventualmente, deverão ser feitas correções no projeto original do sistema.

Restrição ao fluxo de ar no interior do recinto do grupo gerador

Antes que o grupo gerador possa ser colocado efetivamente em serviço, devem ser feitas medidas da "restrição ao fluxo de ar" no interior do recinto do grupo gerador para assegurar que o sistema não exceda o valor máximo especificado para a "restrição ao fluxo de ar", apresentado na documentação técnica do grupo gerador. A "restrição ao fluxo de ar" no interior do recinto do grupo gerador deve ser medida conforme as indicações apresentadas nas ilustrações em **Figura 6-59** e **Figura 6-60**.

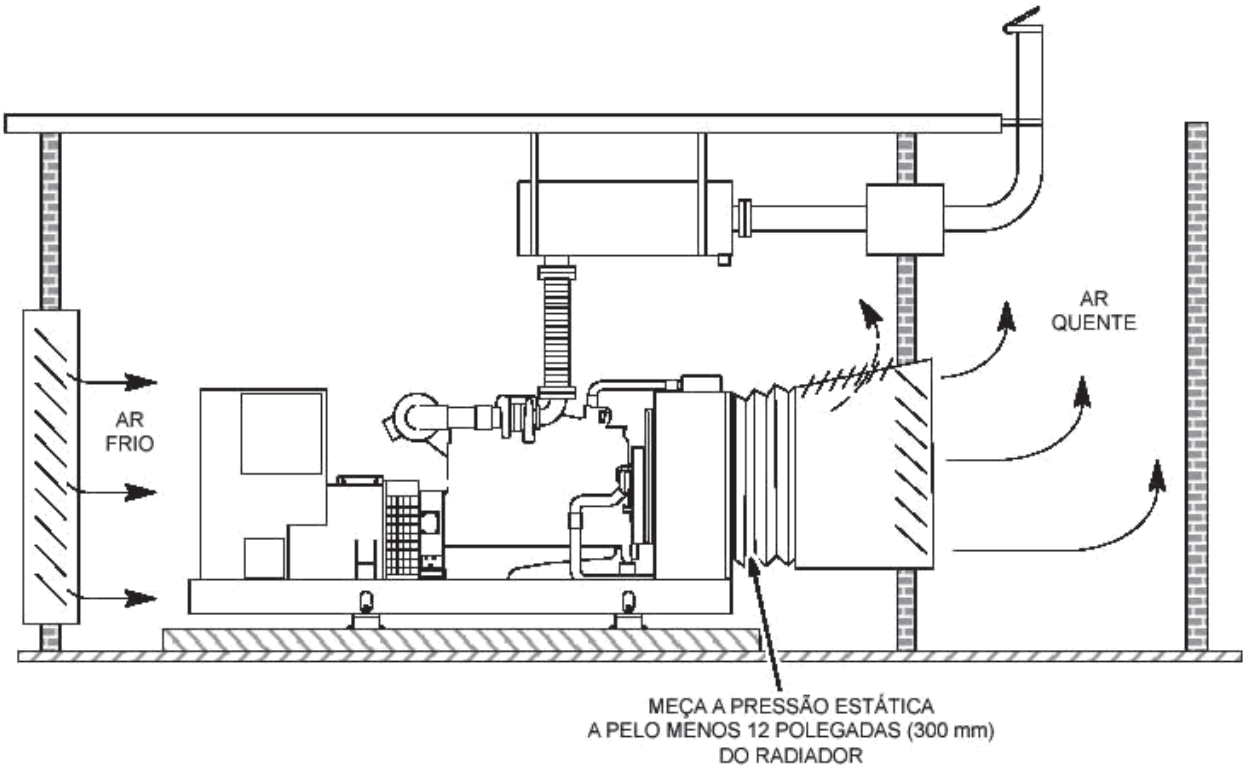


Figura 6-59. Exemplo de como deve ser feita a medida a pressão no sistema de ventilação para o cálculo da "restrição ao fluxo de ar".

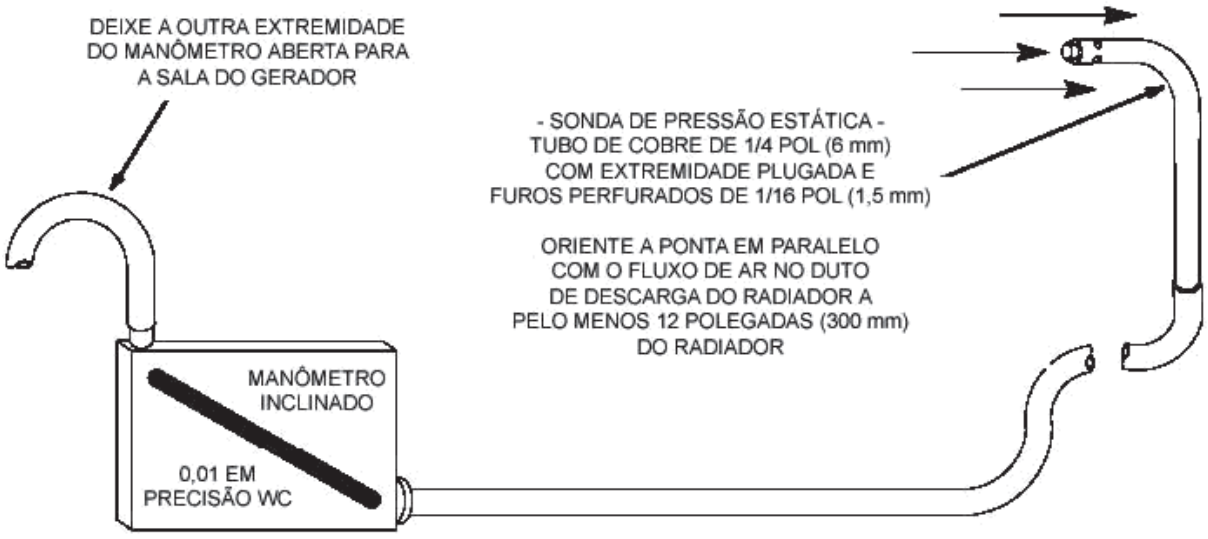

DEIXE A OUTRA EXTREMIDADE
DO MANÔMETRO ABERTA PARA
A SALA DO GERADOR
- SONDA DE PRESSÃO ESTÁTICA -
TUBO DE COBRE DE 1/4 POL (6 mm)
COM EXTREMIDADE PLUGADA E
FUROS PERFURADOS DE 1/16 POL (1,5 mm)
ORIENTE A PONTA EM PARALELO
COM O FLUXO DE AR NO DUTO
DE DESCARGA DO RADIADOR A
PELO MENOS 12 POLEGADAS (300 mm)
DO RADIADOR
MANÔMETRO
INCLINADO
0,01 EM
PRECISÃO WC

Figura 6-60. Exemplo de como deve ser feita a medida a pressão no sistema de ventilação para o cálculo da "restrição ao fluxo de ar".

Diretrizes gerais para o sistema de ventilação do recinto do grupo gerador

A ventilação no recinto do grupo gerador é necessária para remover o calor emitido pelo motor, pelo alternador e por demais equipamentos que emitem calor para o interior do recinto, assim como remover a fumaça e os gases de escape que são potencialmente perigosos além de fornecer ar fresco para a combustão. Um projeto inadequado para um sistema de ventilação pode resultar na elevação excessiva das temperaturas nas proximidades do grupo gerador, o que pode aumentar o consumo de combustível, reduzir o desempenho do grupo gerador, causar falhas prematuras dos componentes e superaquecer o motor. Além de todos estes problemas também resultar em más condições de trabalho para os funcionários que estejam no ambiente próximo do equipamento.

A escolha dos locais para a entrada e saída da ventilação é fundamental para o correto funcionamento do sistema. O ideal é que a entrada e saída de ar permitam que o ar utilizado para ventilação seja forçado a fluir através de todo o recinto do grupo gerador. As características predominantes dos ventos no local da instalação devem ser levadas em conta ao se definir a localização da saída do ar. Estas características podem alterar significativamente o desempenho de um radiador montado diretamente no chassi. Caso a velocidade e a direção dos ventos seja um fator relevante a ser considerado, podem ser utilizados anteparos ou barreiras para impedir que o vento sopre na direção contrária à saída do ar de ventilação (veja um exemplo na **Figura 6-61**). Deve-se também evitar que o ar da saída de ventilação "recircule" e retorne para a entrada de ar devido a um efeito combinado da localização do equipamento em relação à edificação e da direção e intensidade dos ventos dominantes no local.

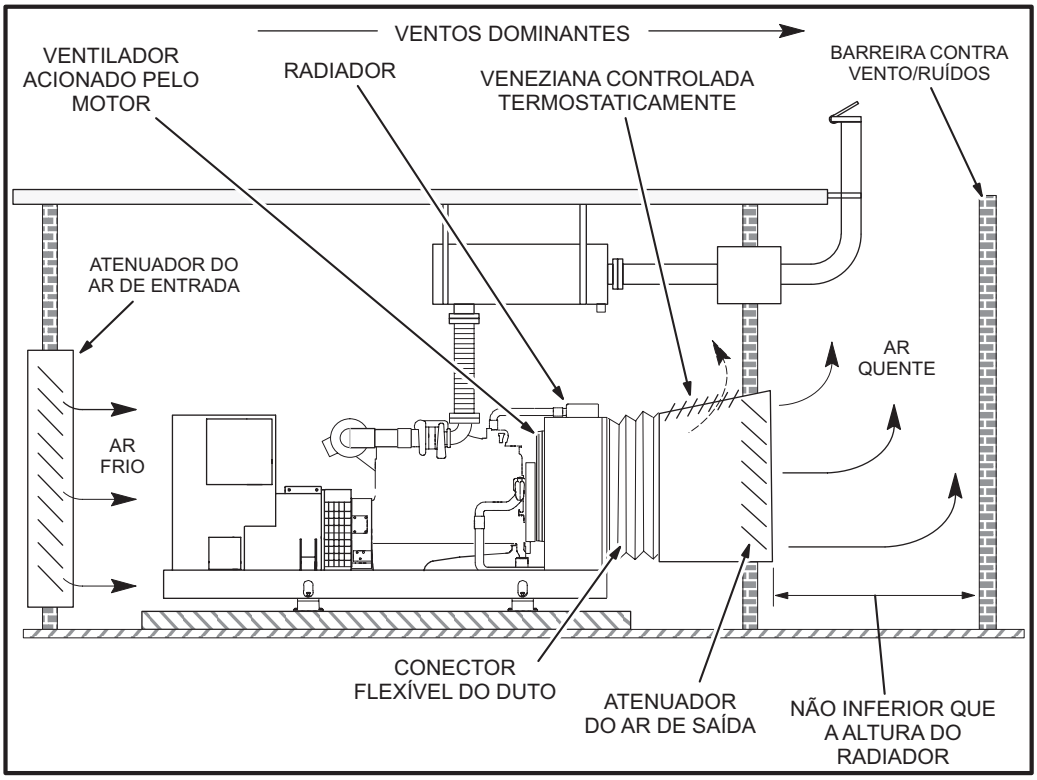


Figura 6-61. Sistema de arrefecimento com radiador "original de fábrica".

Em muitos casos, o ar utilizado para ventilação pode estar contaminado com poeira, material partículado, vapores de produtos químicos e outros contaminates. Isto pode exigir o uso de filtros especiais no motor e/ou no alternador para garantir um funcionamento e arrefecimento adequados, principalmente em aplicações do tipo "Energia Prime". Consulte o fabricante do equipamento sobre o uso de grupos geradores em ambientes onde haja contaminação química.

Os sistemas de ventilação do cárter do motor podem expelir uma névoa formada por uma mistura de ar com gotículas de óleo para dentro do recinto do grupo gerador. O óleo pode aderir aos radiadores ou demais equipamentos de ventilação, impedindo o seu funcionamento adequado. Num caso como este, o melhor procedimento é o uso de coletores no respiro do cárter ou no sistema que ventila os vapores do cárter para o exterior.

Deve-se prestar especial atenção à velocidade do ar na entrada de ventilação para o recinto do grupo gerador. Caso a a velocidade do fluxo de ar seja muito alta, o grupo gerador tende a "sugar" a água da chuva e/ou a neve para dentro do recinto do grupo gerador quando estiver em funcionamento. Um sistema de ventilação bem projetado deve ser capaz de limitar a velocidade do ar na entrada de ventilação para velores entre 150 e 220 m/min (500 e 700 pés/min).

Em locais de clima frio, é possível fazer com que o ar da saída de ventilação do radiador "recircule" por dentro do recinto do grupo gerador como forma de controlar a temperatura no recinto. Este recurso permite que o grupo gerador possa se aquecer mais rapidamente e possibilita manter o combustível a temperaturas mais elevadas que o seu "ponto de névoa". Caso sejam utilizados defletores de ar para forçar a "recirculação", estes defletores deverão ser projetados para que permaneçam fechados em caso de falha, com os defletores principais de saída abertos, de modo que o grupo gerador possa continuar funcionando quando necessário. Os responsáveis pelo projeto da instalação devem levar em conta que a temperatura de operação dentro do recinto do grupo gerador estará muito próxima da temperatura externa (fria) e, portanto, não devem ser instaladas tubulações de água através do recinto do grupo gerador ou então, estas tubulações deverão ser protegidas contra a formação de gelo em seu interior.

À medida em que o ar utilizado para ventilação flui através do recinto de um grupo gerador a sua temperatura aumenta gradualmente, especialmente se a ventilação passar através do grupo gerador. Veja um exemplo na **Figura 6-62**. Isto pode causar certa confusão quanto às classificações de temperatura do grupo gerador e do sistema em geral. A prática adotada pela Cummins Power Generation é classificar o sistema de arrefecimento em função da temperatura ambiente ao redor do alternador. Assim sendo, o aumento da temperatura no recinto corresponde à diferença entre a temperatura medida no alternador e a temperatura externa. A temperatura na colméia do radiador não tem influência no projeto do sistema uma vez que o calor do radiador é dissipado diretamente para fora do recinto do grupo gerador.

Um bom projeto para aplicações do tipo "Standby" deve manter a temperatura no recinto do grupo gerador a, no máximo, 50°C (125°F). Todavia, limitar a temperatura no recinto do grupo gerador à 40°C (100°F) permite equipar o grupo gerador com um radiador montado diretamente num chassis menor e mais barato, além de eliminar a necessidade de "rebaixar a classificação" ("*de-rating*") do motor devido às elevadas temperaturas do ar utilizado na combustão[16]. Deve-se certificar que as especificações técnicas do grupo gerador correspondam plenamente às premissas utilizadas no projeto do sistema de ventilação do grupo gerador.

A questão fundamental referente ao projeto de instalação de um grupo gerador é: "*Qual a temperatura externa máxima na qual o grupo gerador poderá funcionar?*" Esta é simplesmente uma questão relativa à temperatura ambiente máxima na região geográfica onde o grupo gerador será instalado.

Por exemplo, em algumas áreas ao norte dos EUA, a temperatura máxima dificilmente ultrapassa 90°F (32,2°C). Assim sendo, o projetista pode selecionar os componentes do sistema de ventilação usando como referência uma elevação de temperatura de 10°F (5,56°C) para um sistema de arrefecimento com capacidade de 100°F (37,78°C), ou, usando como referência uma elevação de temperatura de 35°F (19,44°C) para um sistema de arrefecimento com capacidade de 125°F (51,67°C).

O procedimento fundamental para assegurar o funcionamento correto de um sistema é garantir que as especificações sobre a temperatura máxima de funcionamento e sobre a elevação da temperatura sejam definidas com extremo cuidado, e que o fabricante do grupo gerador projete o sistema de arrefecimento (não apenas o radiador) para as temperaturas e para a ventilação necessárias ao projeto.

O resultado de um projeto inadequado para um sistema de ventilação será o superaquecimento do grupo gerador quando a temperatura ambiente e a carga no grupo gerador forem elevadas. Em temperaturas mais baixas ou suprindo cargas menores, o equipamento pode até funcionar adequadamente.

16) Consulte os dados técnicos do fabricante do motor para maiores informações sobre a prática de "*rebaixamento de classificação*" ("*de-rating*") para um determinado modelo de motor. O Power Suite fornece informações sobre os produtos da Cummins Power Generation.

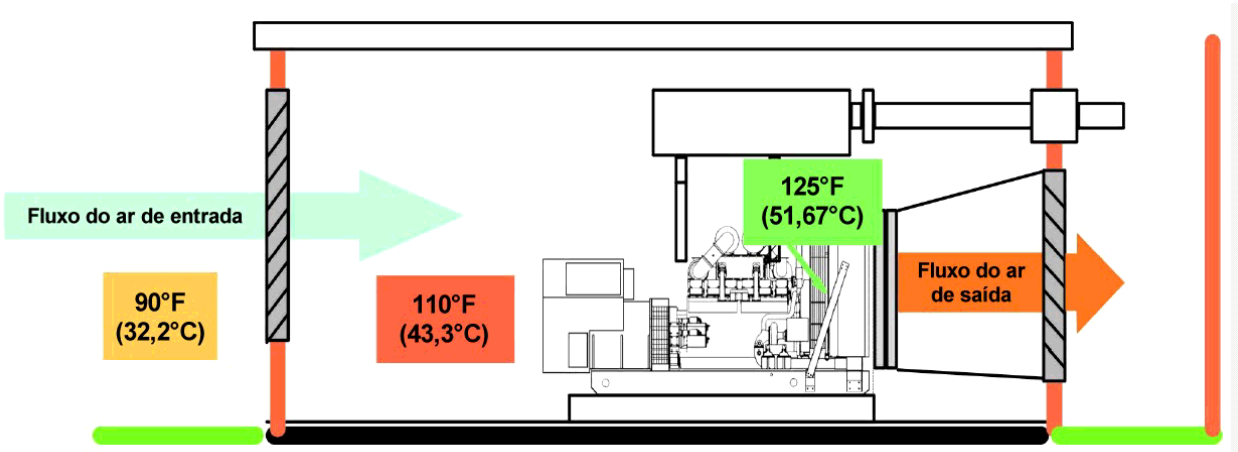


Figura 6-62. Exemplo típico da distribuição de temperatura ao redor e através de um grupo gerador.

Cálculo do fluxo de ar através do recinto do grupo gerador

O fluxo total de ar necessário para manter uma elevação da temperatura no interior do recinto do grupo gerador num valor constante, conforme as especificações do projeto, é determinado pela fórmula:

$$m = \frac{Q}{(c_p)\bullet(\Delta T)\bullet(d)}$$

onde:

- m = quantidade de massa por unidade de tempo deslocada pelo fluxo de ar de ventilação através do recinto do grupo gerador; pé³/min (m³/min);
- Q = calor total dissipado na sala pelo grupo gerador e outras fontes de calor; Btu/min (MJ/min);
- c_p = calor do ar específico com pressão constante; 0,241 Btu/lb/°F (1,01 x 10^{-3} MJ/kg/°C);
- ΔT = elevação da temperatura no recinto do grupo gerador em relação à temperatura externa; °F (°C);
- d = densidade do ar; 0,0754 lb/pé³ (1,21 kg/m³).

$$m = \frac{Q}{0{,}241 \bullet 0{,}0754 \bullet \Delta T} = \frac{55{,}0 \bullet Q}{\Delta T} \text{ (pé}^3\text{/min)}$$

ou:

$$m = \frac{Q}{(1{,}01 \times 10^{-3}) \bullet 1{,}21 \bullet \Delta T} = \frac{818 \bullet Q}{\Delta T} \text{ (m}^3\text{/min)}$$

O valor do fluxo “total” de ar necessário para o recinto do grupo gerador corresponde ao valor determinado por meio desta equação, somado ao valor do fluxo de ar necessário para a combustão do motor[17].

Neste cálculo, os principais fatores são, obviamente, o calor irradiado pelo grupo gerador (e demais equipamentos no interior do recinto do grupo gerador) e a elevação máxima permitida para a temperatura.

Como a quantidade de calor irradiado dentro do recinto está basicamente relacionada à potencia (em kW) do grupo gerador e este valor é determinado pela demanda de carga elétrica na edificação, a principal decisão a ser tomada pelo projetista com relação ao sistema de ventilação é sobre qual o valor máximo aceitável para a elevação de temperatura no recinto.

17) Os dados necessários para os cálculos relativos à grupos geradores específicos da Cummins Power Generation podem ser encontrados no Cummins Power Suite. Podem haver diferenças significativas nas variáveis utilizadas nestes cálculos em função dos diversos produtos do fabricante.

Teste de campo dos sistemas de ventilação

Como é difícil realizar testes de campo para avaliar a funcionamento correto de um grupo gerador, um fator a ser considerado durante um teste de campo do sistema de ventilação é o valor da elevação da temperatura no interior do recinto, sob condições reais de funcionamento, em função do valor projetado para esta elevação de temperatura. Caso o valor da elevação da temperatura, sob carga plena e em temperaturas ambientes mais baixas, esteja dentro das estimativas, é provável que o sistema funcione corretamente em temperaturas ambientes mais elevadas e com valores de carga também mais elevados.

O procedimento apresentado nos itens a seguir pode ser usado em um processo preliminar de qualificação do projeto para o sistema de ventilação:

1. Acione o grupo gerador com plena carga (um fator de potência equivalente a 1,0 é aceitável) durante o tempo suficiente para que a temperatura do líquido de arrefecimento do motor se estabilize (aproximadamente 1 hora).
2. Com o grupo gerador ainda funcionando, e sob carga nominal, meça a temperatura ambiente do ar no recinto do grupo gerador, próximo à entrada do filtro de ar.
3. Meça o valor da temperatura do "ar externo" (esta medição deve ser feita na sombra).
4. Calcule a diferença entre o valor da temperatura "externa" e o valor da temperatura no recinto do grupo gerador.
5. Certifique-se de que não seja ultrapassado o valor da estimativa feita durante o projeto para a elevação de temperatura no recinto do grupo gerador e nem o valor da temperatura máxima permitida para o motor, medida no tanque superior.

Caso as estimativas de projeto para o valor da elevação da temperatura no recinto do grupo gerador ou da temperatura no tanque superior sejam ultrapassadas, será necessário efetuar testes mais minuciosos no local, ou modificações/correções no projeto para se chegar a um projeto adequado para o sistema.

Ventilação do radiador montado diretamente no chassi do grupo gerador

Nesta configuração (veja um exemplo na **Figura 6-61**), o ventilador suga o ar pelas aberturas da entrada de ventilação localizada na parede oposta. O fluxo de ar é, então, forçado através do grupo gerador e através do radiador que possui flanges para a conexão de um duto de exaustão até o exterior da edificação.

Os seguintes fatores devem ser considerados:

- A localização do recinto do grupo gerador deve ser escolhida de tal modo que o ar para ventilação possa ser sugado diretamente do exterior e descarregado diretamente para fora da edificação. O ar para ventilação não deve ser proveniente de recintos adjacentes. Os gases de escape do motor também deverão ser expelidos no lado da edificação onde é feita a descarga de ar para ventilação proveniente do radiador, de modo a reduzir a probabilidade de que os gases de escape e a fuligem possam ser sugados de volta para a sala do grupo gerador juntamente com o ar (fresco) para ventilação.
- As aberturas da entrada e da saída de ar para ventilação devem estar adequadamanete posicionadas, protegidas (com isolamento acustico) para minimizar o ruído criado pelo ventilador e protegidas contra os efeitos do vento (no lado externo) sobre o fluxo de ar para ventilação. Sempre que for instalado um isolamento protetor na saída de ventilação, o isolamento deverá estar localizado a uma altura não inferior à altura do radiador e distante da abertura de ventilação. O melhor desempenho é obtido para uma altura de aproximadamente 3 vezes a altura do radiador. Em áreas com acesso restrito, o uso de tubulações ou defletores ("*turning vanes*") para o desvio da ventilação de saída podem ajudar a reduzir os problemas causados pelas barreiras protetoras e de controle de acesso colocadas em volta do equipamento. Sempre que este tipo de recurso for utilizado, é preciso providenciar os recursos e dispositivos necessários para a drenagem e escoamento da água da chuva de modo que a água não entre no recinto do grupo gerador.
- Em geral, o fluxo de ar através do radiador é suficiente para ventilar todo o recinto do grupo gerador. No ítem "*Cálculo do fluxo de ar através do recinto do grupo gerador*", neste capítulo, é apresentado um exemplo de como se determinar o valor do fluxo de ar necessário para atender às especificações para a elevação de temperatura no recinto do grupo gerador.
- Consulte a "*Folha de Especificações Técnicas*" do grupo gerador selecionado para auxiliar nas especificações de projeto para o fluxo de ar através do radiador e para obter o valor da "restrição" (obstrução) máxima permitida para o fluxo de ar. O valor especificado para a "restrição máxima permitida para o fluxo de ar" não deve ser ultrapassado**.** A pressão estática (restrição ao fluxo de ar) deve ser medida conforme os exemplos mostrados nas **Figuras 6-61, 6-63,** e **6-64** para certificar, antes que o

grupo gerador seja colocado em serviço, que o sistema não é excessivamente restritivo. Isto é especialmente importante para sistemas nos quais o ar de ventilação é fornecido e descarregado por meio de longos dutos, através de grades restritivas, telas e defletores.

- Para instalações efetuadas na América do Norte, consulte as publicações da ASHRAE ("*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*" - "*Sociedade Americana de Engenheiros de Calefação, Refrigeração e Ar Condicionado*") para mais detalhes sobre as recomendações para o projeto dos dutos, caso seja necessário o uso de dutos de ar para a instalação do sistema. É importante notar que o duto de entrada deve fornecer tanto o fluxo de ar necessário para a combustão (consulte a "*Folha de Especificações Técnicas*" do grupo gerador) assim como o fluxo de ar para a ventilação e, portanto, deverá ser dimensionado de acordo.
- O uso de venezianas, defletores e telas de proteção nas aberturas de entrada e saída de ventilação restringem o fluxo de ar e podem alterar significativamente o desempenho do sistema pois suas características podem variar muito de um modelo para outro. Uma veneziana feita com palhetas pouco espaçadas, por exemplo, tende a ser mais restritiva do que uma veneziana feita com palhetas largas e mais espaçadas. A área "efetiva" de abertura especificada pelo fabricante do defletor ou da tela deve ser utilizada.
- Devido ao fato do ventilador do radiador causar uma pequena pressão negativa dentro do recinto do grupo gerador, é recomendável que não sejam instalados outros equipamentos de combustão (tais como caldeiras de aquecimento) no mesmo recinto que o grupo gerador. Caso não haja como evitar uma situação deste tipo, será necessário avaliar os efeitos negativos causados por este tipo de instalação, tais como a recirculação do ar, e proporcionar os meios (uso de aberturas e/ou dutos extra largos para a entrada de ventilação no recinto, uso de ventiladores de pressurização, etc.) para reduzir o valor da "pressão negativa" a níveis aceitáveis.
- Em locais de clima frio, devem ser utilizadas venezianas equipadas com sistemas automáticos acionados por molas para fechar as aberturas de entrada e de saída de ventilação e reduzir a perda de calor no recinto do grupo gerador quando o equipamento não estiver em funcionamento. Deve-se utilizar venezianas equipadas com sistemas automáticos acionados por termostatos para controlar a "recirculação" de uma parte do ar (aquecido) que sai do radiador e, assim, reduzir o volume de ar frio que é sugado para o recinto quando o grupo gerador estiver em funcionamento. As venezianas instaladas na entrada e na saída de ventilação deverão abrir-se completamente durante a partida do grupo gerador. A venezianas de recirculação deverá se fechar completamente sempre que a temperatura atingir 16°C (60°F).

  ***Nota**: No texto do ítem acima foi utilizado o termo "veneziana" para designar um dispositivo mais genérico como, por exemplo, "obturador" ("damper"), ou qualquer outro dispositivo capaz de controlar automáticamente o fluxo de ar para ventilação e também atender a todas as especificações técnicas para o projeto.*
- O recurso de fazer "*recircular*" o ar aquecido da saída de ventilação do radiador por dentro do recinto do grupo gerador deve ser utilizado apenas em locais de clima frio. Em quaisquer outros casos, todo o ar utilizado para ventilação deve ser descarregado diretamente para fora da edificação. Mesmo quando utilizado, este recurso deve ser utilizado exclusivamente para aquecer o recinto do grupo gerador e mais nenhum outro recinto ou área.
- Deve ser instalado um duto flexível de conexão na saída do radiador para impedir que o ar quente "*recircule*" ao redor do radiador. O motivo do duto ser flexível é para evitar que os movimentos e a vibração do grupo gerador sejam transmitidos para demais estruturas e também para isolar os ruídos.

  ***Nota**: Os adaptadores para os dutos ou defletores utilizados pelo radiador não podem ser utilizados para dar suporte mecânico ou estrutural a qualquer outro componente além do duto flexível de conexão. Evite dar suporte mecânico/estrutural à qualquer tipo de equipamento ou aplicar qualquer peso adicional ao adaptador do duto flexível de conexão ou ao defletor do radiador sem que seja feita uma análise detalhada das forças e vibrações na estrutura.*
- Em geral, os projetos de grupo gerador com o radiador montado diretamente no chassis ("*skid-mounted*") tem como principal característica a capacidade de arrefecimento sob carga plena a uma temperatura ambiente de 40°C, funcionando contra uma resistência ao fluxo de ar equivalente a 0,50 polegadas de coluna de água (veja o "Ponto A" na **Figura 6-64**). A resistência ao fluxo de ar proveniente do lado externo do sistema é aquela causada pelos dutos, por telas de proteção, por venezianas (ou obturadores), por defletores, etc.

  É possível que um equipamento deste tipo possa funcionar em temperaturas ambientes mais altas do que a temperatura originalmente especificada no projeto (veja o "Ponto B" na **Figura 6-64**, por exemplo) caso uma redução da potência do equipamento seja aceitável e/ou a resistência ao fluxo de ar de arrefecimento seja menor do que a resistência para a qual a capacidade de arrefecimento foi testada (uma resistência menor fluxo de ar corresponde à um fluxo de maior intensidade através do radiador, sem levar em conta o efeito da temperatura mais elevada do ar na capacidade de arrefecimento do radiador). É necessário consultar o fabricante do equipamento para se determinar um valor aceitável para a capacidade de arrefecimento do grupo gerador à uma temperatura ambiente elevada.

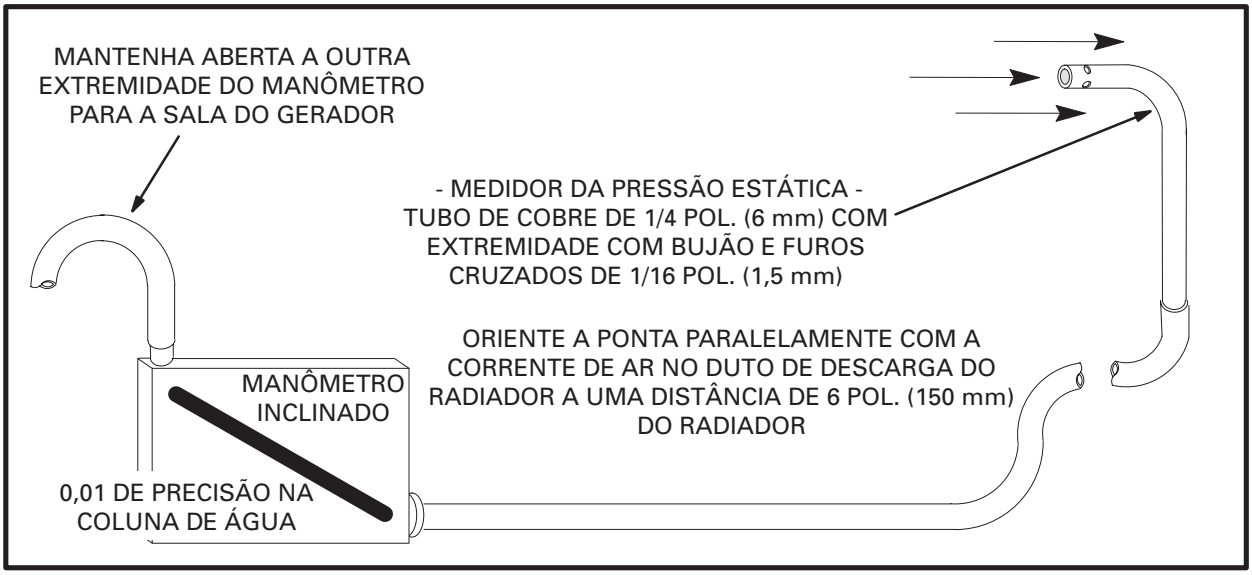

MANTENHA ABERTA A OUTRA EXTREMIDADE DO MANÔMETRO PARA A SALA DO GERADOR
- MEDIDOR DA PRESSÃO ESTÁTICA - TUBO DE COBRE DE 1/4 POL. (6 mm) COM EXTREMIDADE COM BUJÃO E FUROS CRUZADOS DE 1/16 POL. (1,5 mm)
ORIENTE A PONTA PARALELAMENTE COM A CORRENTE DE AR NO DUTO DE DESCARGA DO RADIADOR A UMA DISTÂNCIA DE 6 POL. (150 mm) DO RADIADOR
MANÔMETRO INCLINADO
0,01 DE PRECISÃO NA COLUNA DE ÁGUA

Figura 6-63. Instrumentação recomendada para se medir o valor da “restrição do fluxo de ar”.

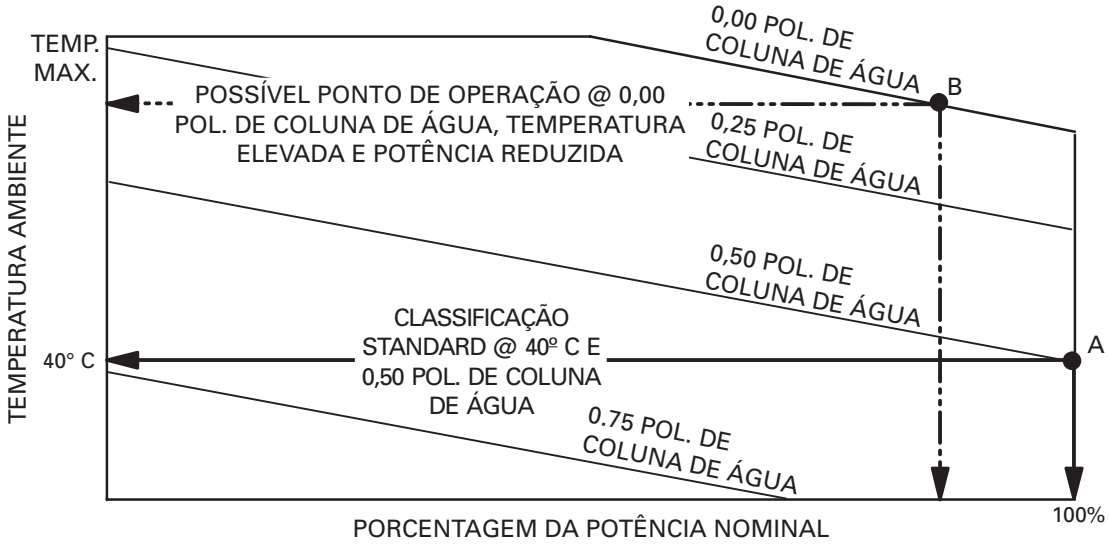

TEMP. MAX.
TEMPERATURA AMBIENTE
0,00 POL. DE COLUNA DE ÁGUA
B
POSSÍVEL PONTO DE OPERAÇÃO @ 0,00 POL. DE COLUNA DE ÁGUA, TEMPERATURA ELEVADA E POTÊNCIA REDUZIDA
0,25 POL. DE COLUNA DE ÁGUA
0,50 POL. DE COLUNA DE ÁGUA
CLASSIFICAÇÃO STANDARD @ 40º C E 0,50 POL. DE COLUNA DE ÁGUA
40° C
A
0.75 POL. DE COLUNA DE ÁGUA
100%
PORCENTAGEM DA POTÊNCIA NOMINAL

Figura 6-64. Gráfico da capacidade de arrefecimento em temperaturas ambientes elevadas.

Ventilação em sistemas equipados com trocador de calor ou radiador remoto

Em geral, um sistema de arrefecimento equipado com trocador de calor ou com radiador remoto (veja um exemplo na **Figura 6-65**) é selecionado devido à relevância de fatores tais como o controle e supressão ruídos ou porque o valor da restrição ao fluxo de ar através de dutos muito longos pode ser maior do que o valor máximo permitido para um radiador equipado com ventilador acionado diretamente pelo eixo do motor.

A escolha de um sistema deste tipo é influenciada pelos seguintes fatores:

- O recinto do grupo gerador deve ser equipado com ventiladores para refrigeração. Os ventiladores devem ser capazes de movimentar o fluxo de ar necessário para ventilação e possuir a potência necessária para superar a restrição ao fluxo de ar. Veja, no ítem a seguir, o exemplo de um método de cálculo para determinar o fluxo de ar necessário para a ventilação do recinto do grupo gerador.
- O ventilador do radiador remoto deve ser dimensionado especificamente para arrefecer o radiador. Dependendo de sua localização, o ventilador também poderá ser utilizado para ventilar o recinto do grupo gerador.
- A localização do ventilador e da entrada de ar devem ser escolhidas de tal modo que o ar utilizado para ventilação seja impulsionado para a frente (sem que haja "*recirculação*") sobre o grupo gerador.

Em geral, os grupos geradores equipados com sistemas de arrefecimento remoto possuem mais cargas parasíticas e, portanto, dispõem de uma capacidade ligeiramente menor de potência (em kW). Os valores destas cargas parasíticas devem ser incluídos nos cálculos para o dimensionamento da carga total ("*potência total*") produzida pelo grupo gerador.

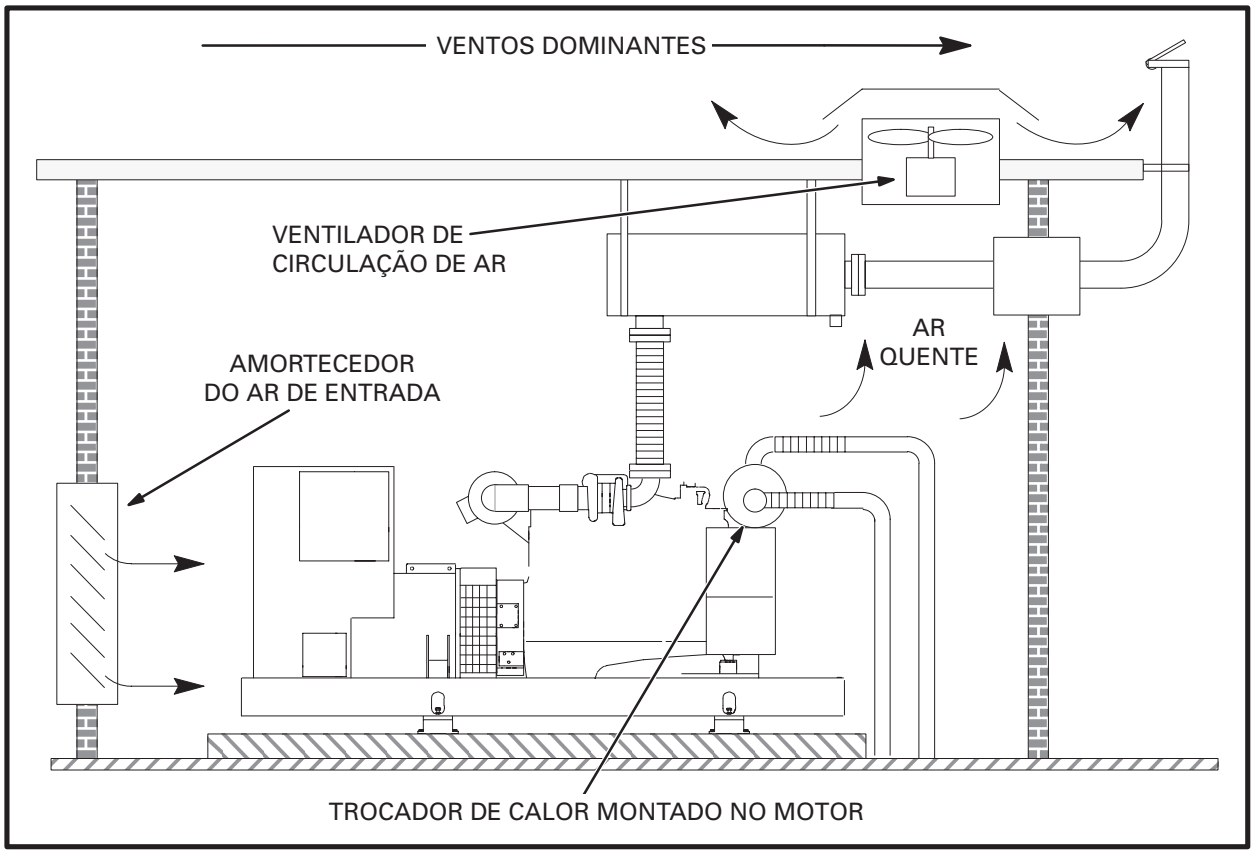

VENTOS DOMINANTES
VENTILADOR DE CIRCULAÇÃO DE AR
AR QUENTE
AMORTECEDOR DO AR DE ENTRADA
TROCADOR DE CALOR MONTADO NO MOTOR

Figura 6-65. Diagrama do fluxo de ar de ventilação para um sistema de arrefecimento equipado com um trocador de calor.

Exemplo de cálculo para o fluxo de ar para ventilação dentro do recinto do grupo gerador

A "*Folha de Especificações Técnicas*" do grupo gerador recomendado indica que o calor irradiado para o recinto pelo grupo gerador (pelo conjunto formado por motor e gerador) é de 4.100 BTU/min. Tanto o silencioso quanto aproximadamente 10 pés de comprimento do tubo de escape (com diâmetro de 5 polegadas) também estão localizados no interior do recinto do grupo gerador. Calcule o fluxo de ar necessário para limitar a elevação da temperatura do ar em 30°F.

1. Some a potência térmica irradiada por todas as fontes de calor localizadas dentro do recinto do grupo gerador. A **Tabela 6-8** indica que a perda de calor pelo tubo de escape, de 5 polegadas de diâmetro, é de 132 BTU/min para cada pé de comprimento do tubo. A mesma tabela indica que o calor irradiado pelo silencioso é de 2.500 BTU/min. Some todos os valores correspondentes à potência termica (calor) irradiada no recinto como demonstrado abaixo:

Calor irradiado pelo grupo gerador	4.100
Calor irradiado pelo tubo de escape - 10 x 132	1.320
Calor pelo silencioso	2.500
Total do calor irradiado para a sala do gerador (BTU/Min)	7.920

DIÂMETRO DO TUBO EM POLEGADAS (mm)	CALOR DO TUBO EM BTU/MIN-PÉ (kJ/Min-Metro)	CALOR DO SILENCIOSO EM BTU/MIN (kJ/Min)
1,5 (38)	47 (162)	297 (313)
2 (51)	57 (197)	490 (525)
2,5 (64)	70 (242)	785 (828)
3 (76)	84 (291)	1.100 (1.160)
3,5 (98)	96 (332)	1.408 (1.485)
4 (102)	108 (374)	1.767 (1.864)
5 (127)	132 (457)	2.500 (2.638)
6 (152)	156 (540)	3.550 (3.745)
8 (203)	200 (692)	5.467 (5.768)
10 (254)	249 (862)	8.500 (8.968)
12 (305)	293 (1.014)	10.083 (10.638)

Tabela 6-8. Valores das perdas de calor a partir da tubulação de escape e de silenciosos "não isolados".

2. O fluxo de ar necessário para dissipar o calor irradiado no recinto é proporcional à potência térmica (calor) total irradiado no interior do recinto dividido pelo valor da elevação permitida para a temperatura do ar no recinto. (Consulte o ítem "*Ventilação*", nesta seção):

$$m = \frac{55{,}0 \cdot Q}{\Delta T} = \frac{55{,}0 \cdot 7.920}{30} = 14.520 \text{ pés}^3\text{/min. } (411{,}16 \text{ m}^3\text{/min.})$$

Suprimento de combustível

Suprimento de diesel combustível

Em geral, os grupos geradores acionados por motores diesel são projetados para funcionar com combustível diesel ASTM D975 No. 2. Para operação durante curtos períodos de tempo, é possível utilizar outros combustíveis que sejam adequados, contanto que satisfaçam às especificações relativas às características físicas e de qualidade descritas na **Tabela 6-9**. Consulte o fabricante do motor sobre o uso de outros tipos de combustível.

Deve-se tomar certos cuidados durante a aquisição do combustível e durante o abastecimento dos tanques para evitar a entrada de sujeira e umidade no sistema que contém o diesel combustível. A presença de sujeira poderá entupir os bicos injetores e provocar um desgaste acelerado em componentes usinados do sistema de combustível. A umidade pode causar corrosão e falhas prematuras desses componentes.

Dependendo de sua classificação para operação em modo "Standby", os grupos geradores a diesel consomem cerca de 0,26 litros/hora por kW nominal (0,07 galões/hora por kW nominal) em operação sob carga plena. Por exemplo, um grupo gerador utilizado em uma aplicação do tipo "Standby", gerando 1000 kW, consome cerca de 260 litros/hora (ou, 70 galões/hora) de combustível. O tanque principal de combustível para um grupo gerador diesel pode ser do tipo "tanque sob a base", montado sob o chassis ("*skid*") do grupo gerador, ou um tanque de combustível remoto. Caso o tanque principal de combustível esteja em um local distante do grupo gerador, pode ser necessário o uso de um tanque intermediário ("*tanque diário*") para suprir o grupo gerador. Existem diferenças consideráveis de capacidade de motor entre diferentes fornecedores, de modo que o projeto do sistema de combustível deve ser revisto para o grupo gerador específico instalado em um local.

A principal vantagem dos tanques de combustível do tipo "sob a base" é que o sistema pode ser totalmente projetado e montado na fábrica para minimizar o trabalho no local. Entretanto, esta configuração pode não ser uma escolha tecnicamente viável (ou factível) dependendo das especificações para a capacidade do tanque principal de combustível, nas restrições impostas pelas normas técnicas, bem como na facilidade de acesso para o reabastecimento do tanque.

Ao se escolher um tanque de combustível do tipo "sob a base", deve-se levar em conta que o sistema de controle do grupo gerador e outros pontos de manutenção podem estar em locais elevados, numa altura que dificulte quaisquer procedimentos técnicos. Isto poderá exigir a instalação de estruturas adicionais para permitir o acesso para serviços convenientes ou para atender aos requisitos de operação do equipamento.

Devido às limitações das bombas mecânicas de combustível utilizadas na maioria dos motores, muitas instalações podem exigir o uso de tanques de combustível remotos ("*tanques principais*") e também o uso de tanques intermediários ("*tanques diários*").

O tanque principal pode estar localizado acima ou abaixo do grupo gerador e tais instalações poderão exigir o projeto de tanques intermediários e o uso de sistemas de controle de combustível ligeiramente diferentes.

As **Figuras 6-66 e 6-67** ilustram sistemas típicos para o suprimento de diesel combustível.

Deve-se considerar os seguintes fatores durante o projeto e instalação de qualquer sistema de suprimento de diesel combustível:

- A capacidade volumétrica, construção, localização, instalação, ventilação, tubulação, testes e inspeção do tanque para suprimento de combustível devem atender todas às normas técnicas aplicáveis e suas interpretações locais[18]. Em geral, as normas técnicas locais que tratam da proteção ao meio ambiente costumam exigir a instalação de um depósito secundário (denominado de "*tanque de contenção*", "*dique*" ou "*bacia de contenção*") para evitar que um eventual vazamento de combustível penetre no solo ou no sistema de esgotos. A área de contenção do depósito secundário normalmente inclui recursos para detectar vazamentos e acionar um alarme em caso de vazamento no tanque principal.
- A escolha do local deve levar em conta a facilidade de acesso para o reabastecimento e se existe a necessidade das tubulações de suprimento serem aquecidas (em locais de clima frio).
- O tanque para suprimento de combustível deve armazenar um volume de combustível suficiente para o funcionamento do grupo gerador durante o número previsto de horas[19] sem que haja reabastecimento. Os cálculos para o dimensionamento do tanque poderão basear-se nas taxas de consumo "horário" de combustível, somado ao fato de que a operação de grupos geradores sob carga plena é raro. Outras fatores a se considerar sobre o dimensionamento do tanque incluem a expectativa para o tempo de duração das quedas de energia em relação à disponibilidade para entrega de combustível e o tempo de vida útil do combustível armazenado, que pode variar de 1,5 a 2 anos, quando corretamente armazenado.
- Os tanques para suprimento de combustível devem ser adequadamente ventilados para evitar a pressurização. As especificações sobre a ventilação de um tanque, tanto em aplicações do tipo "Prime" quanto em aplicações do tipo "Emergência", dependem das normas técnicas locais e de suas interpretações.

18) NOTA SOBRE O CÓDIGO AMERICANO: Na América do Norte, os padrões N° 30 e N° 37 da NFPA, são típicos.

19) NOTA SOBRE O CÓDIGO AMERICANO: A NFPA110 define o número de horas de funcionamento exigidas como a *"Classe"* de uma instalação. Os requisitos típicos são de 2 horas para as saídas de emergência do edifício, e de 8 horas de duração para a maioria das quedas de energia.

Os tanques também devem estar equipados com recursos para a drenagem manual ou a remoção de água e sedimentos e de um espaço adicional para acomodar a dilatação do combustível aquecido equivalente a, pelo menos, 5% do volume total, para evitar transbordamentos.

- A bomba de elevação de combustível, a bomba de transferência do "tanque diário" e o alojamento "*válvula de bóia*" devem ser protegidos contra contaminação por detritos originários do tanque de suprimento por meio de um "pré-filtro" ou de uma "cuba de sedimentação" com um elemento filtrante capaz de impedir a passagem de detritos até a granulosidade de 100 a 120 mesh.
- Para os sistemas de energia do tipo "Emergência", as normas técnicas podem "não permitir" que o suprimento de combustível seja usado para quaisquer outras finalidades, ou então, podem especificar que haja um "nível mínimo" para assegurar o suprimento de combustível para outros equipamentos e ainda assim garantir o suprimento do grupo gerador para uso em situações de emergência.
- Em locais de clima frio costuma-se utilizar óleo combustível para o aquecimento e permitir a partida de motores diesel. Para um óleo combustível utilizado em aquecimento, a classificação N°2 utilizada para "*Cetanos*" não é alta o suficiente para permitir que seja utilizado na partida de motores diesel em locais de clima frio. Em conseqüencia disso, pode ser necessário o uso de tanques de suprimento independentes para sistemas de energia de "Emergência" e para o de aquecimento de edificações.
- Devem ser instaladas tubulações de retorno independentes para o combustível contido no tanque diário ou no tanque de suprimento, para cada grupo gerador em uma instalação de múltiplos grupos geradores, com o objetivo de para evitar a pressurização das tubulações de retorno quando os grupos geradores estiverem em marcha lenta ou inativos. Além disso, uma tubulação para o retorno do combustível "não" deve incluir qualquer dispositivo para interrupção do fluxo (válvula de fechamento). Podem ocorrer danos ao motor do grupo gerador caso ele entre em funcionamento com esta tubulação interrompida.
- O uso de um tanque diário é necessário sempre que o "*atrito viscoso*" no interior da tubulação e/ou a elevação do tanque de suprimento (*caso esteja localizado abaixo da entrada da bomba de combustível ou acima dos injetores de combustível*) possam causar uma "*restrição excessiva*" à entrada ou ao retorno do combustível. Existem alguns modelos de grupo gerador equipados com um tanque diário já integrado ou com um "tanque diário sob a base" e montado no chassi.

  NOTA: *Quando grupos geradores são conectados em paralelo ou quando devem atender especificações para partida rápida em aplicações do tipo "Emergência", é necessário que o tanque de combustível, ou reservatório, esteja posicionado de modo que o mais baixo nível possível do combustível não fique a menos de 150 mm (6 pol.) acima da entrada da bomba de combustível. Isto evitará o acumulo de ar na tubulação de combustível sempre que o grupo gerador não estiver em funcionamento, eliminando o intervalo de tempo durante a partida quando o ar tem de ser purgado. Para alguns modelos de grupo gerador existem outras opções para eliminar esta necessidade.*
- Os limites de temperatura para o combustível no tanque diário podem ser ultrapassados em algumas aplicações nas quais o combustível aquecido do motor retorna ao tanque diário. À medida em que a temperatura do combustível aumenta, a densidade e a lubricidade do combustível diminuem, reduzindo a potência máxima de saída e a lubrificação das peças que estão em contato direto com o combustível, tais como bombas e injetores. Uma solução para este problema é a instalação de uma tubulação para o retorno do combustível diretamente ao "*tanque de suprimento*" ao invés de retornar para o "*tanque diário*". Outras soluções alternativas podem exigir o uso de um arrefecedor para o combustível que retorna do motor para o "tanque diário", permitindo reduzir a temperatura do combustível à um nível seguro. Consulte o fabricante do motor para mais informações sobre o motor utilizado e sobre as especificações referentes ao retorno do combustível[20].
- A capacidade da bomba de transferência de combustível utilizada no tanque diário e a tubulação de suprimento devem ser dimensionadas com base no valor do "fluxo máximo de combustível" apresentado na "*Folha de Especificações Técnicas*" do grupo gerador selecionado.
- Use a **Tabela 6-9** como referência para a escolha do diesel combustível e para obter o melhor desempenho.
- Todos os sistemas de combustível devem ser equipados com os recursos necessários para a contenção do combustível em eventuais casos de vazamento através de algum tanque e também para as situações nas quais houver um transbordamento causado por excesso de abastecido.
- O projeto da instalação deve prever a possibilidade e prover os meios para que o abastecimento dos tanques de combustível possa ser feito manualmente no caso de ocorrer uma falha do sistema de abastecimento automático.
- A bomba que transporta combustível a partir do tanque principal pode ser do tipo "duplex" para melhorar a confiabilidade do sistema.
- As normas técnicas para combate a incêndios podem incluir exigências específicos para o grupo gerador como, por exemplo, um sistema para interromper o fluxo do combustível para o recinto do grupo gerador em caso de incêndio, assim como, estabelecer procedimentos para o envio do combustível de volta ao tanque principal no caso de ocorrer um incêndio no recinto do grupo gerador.

20) Em geral, os motores da Cummins podem ser instalados com a tubulação para o retorno do combustível conectada ao "tanque diário". A localização da tubulação de retorno varia conforme o motor fornecido.

PROPRIEDADE	ESPECIFICAÇÕES	DESCRIÇÃO GERAL
Viscosidade (ASTM D445)	1,3-1,5 centistokes (mm/seg) a 40°C (104°F)	O sistema de injeção funciona com maior eficiência quando o combustível possui o "corpo" ou viscosidade apropriada. Os combustíveis que atendam aos requisitos de combustível 1D ou 2D da ASTM são satisfatórios para os sistemas de combustível da Cummins.
Número de Cetano (ASTM D613)	40 acima do mínimo 0°C (32°F) 45 abaixo do mínimo 0°C (32°F)	O número de cetanos é uma medida das características de partida e aquecimento de um combustível. Em climas frios ou em serviço prolongado com baixas cargas, um número mais alto de cetanos é desejável.
Teor de Enxofre (ASTM D129 ou 1552)	Não exceder a 0,5% em massa (ver nota)	Os combustíveis diesel contém quantidades variáveis de compostos de enxofre que aumentam a acidez do óleo. Um método prático de neutralizar a acidez alta devida ao alto teor de enxofre é o de trocar o óleo com maior freqüência ou utilizar um óleo com TBN mais alto (TBN = 10 a 20) ou ambos. O uso de combustível com alto teor de enxofre (acima de 0,5 porcento em massa) resultará na formação de sulfatos no gás de escape sob condições contínuas de carga alta. O combustível com alto teor de enxofre também encurta a vida de certos componentes no sistema de escape, inclusive o catalisador de oxidação.
Enxofre Ativo (ASTM D130)	Não exceder à classificação N° 2 de corrosão de tira de cobre após três horas a 50°C (122°F)	Alguns compostos de enxofre no combustível são ativamente corrosivos. Os combustíveis com uma classificação de corrosão três ou acima pode causar problemas de corrosão.
Água e Sedimentos (ASTM D1796)	Não exceder a 0,05% em volume	A quantidade de água e de detritos sólidos no combustível geralmente é classificada como água e sedimentos. É uma boa prática filtrar o combustível enquanto o mesmo está sendo colocado no tanque de combustível. Mais vapor de água se condensa em tanques parcialmente cheios devido ao respiro do tanque causado pelas mudanças de temperatura. Os elementos de filtragem, as telas nas bombas de combustível, e as conexões de entrada do combustível nos injetores, devem ser limpos ou substituídos sempre que se tornarem sujos. Estas telas e filtros, ao executarem sua função pretendida, ficarão entupidos quando se utiliza um combustível de baixa qualidade ou sujo e necessitarão de substituição mais freqüentemente.
Resíduos de Carbono (Ramsbottom, ASTM D254 ou Conradson, ASTM D189)	Não exceder a 0,35% em massa em 10% de volume em resíduos	A tendência de um combustível diesel para formar depósitos de carbono em um motor pode ser estimada determinando-se o resíduo de carbono Ramsbottom ou Conradson do combustível após 90 porcento do combustível haver evaporado.
Densidade (ASTM D287)	0,816-0,876 g/cc em 15°C (graus 42-30 de gravidade API em 60°F)	A gravidade é uma indicação do teor de energia de alta densidade do combustível. Um combustível com uma alta densidade (menor gravidade API) contém mais BTUs por galão do que um combustível com uma baixa densidade (maior gravidade API). Sob condições iguais de funcionamento, um combustível de maior densidade proporcionará um menor consumo de combustível do que um combustível com menor densidade.
Ponto de Nevoa (ASTM D97)	6°C (10°F) abaixo da menor temperatura ambiente em que se espera que o combustível seja utilizado.	O ponto de nevoa do combustível é a temperatura em que os cristais de cera de parafina começam a aparecer. Os cristais podem ser detectados por uma nebulosidade do combustível. Estes cristais podem causar o entupimento de um filtro.
Cinzas (ASTM D482)	Não exceder a 0,02% em massa (0,05% com mistura de óleo lubrificante)	A pequena quantidade de partículas metálicas não inflamáveis encontrada em quase todos os produtos de petróleo é comumente chamada de cinzas.
Destilação (ASTM D86)	A curva de destilação deve ser suave e contínua.	Pelo menos 90% do combustível deve evaporar com menos de 360°C (680°F). Todo o combustível deve evaporar a menos de 385°C (725°F).
Número de Acidez (ASTM D664)	Não exceder a 0,1 mg KOH por 100 ml	O uso de combustíveis com números de acidez mais altos pode conduzir a níveis de desgaste maiores que os desejáveis. O número de acidez total está localizado na ASTM D664.
Lubricidade	3100 gr ou mais conforme medida pelo teste BOCLE de riscos do Exercito dos EUA ou Diâmetro da Marca de Desgaste (WSD) menor que 0,45 mm a 60°C (WSD menor que 0,38 mm a 25°C) conforme medida pelo método HFRR.	Lubricidade é a facilidade de um líquido para proporcionar lubrificação hidrodinâmica ou periférica para evitar o desgaste entre as peças móveis.
NOTA: As regulamentações federais ou locais podem exigir um menor teor de enxofre do que o recomendado nesta tabela. Consulte todas as regulamentações de aplicação antes de selecionar um combustível para uma dada aplicação de motor.		

Tabela 6-9. Especificações para combustíveis diesel.

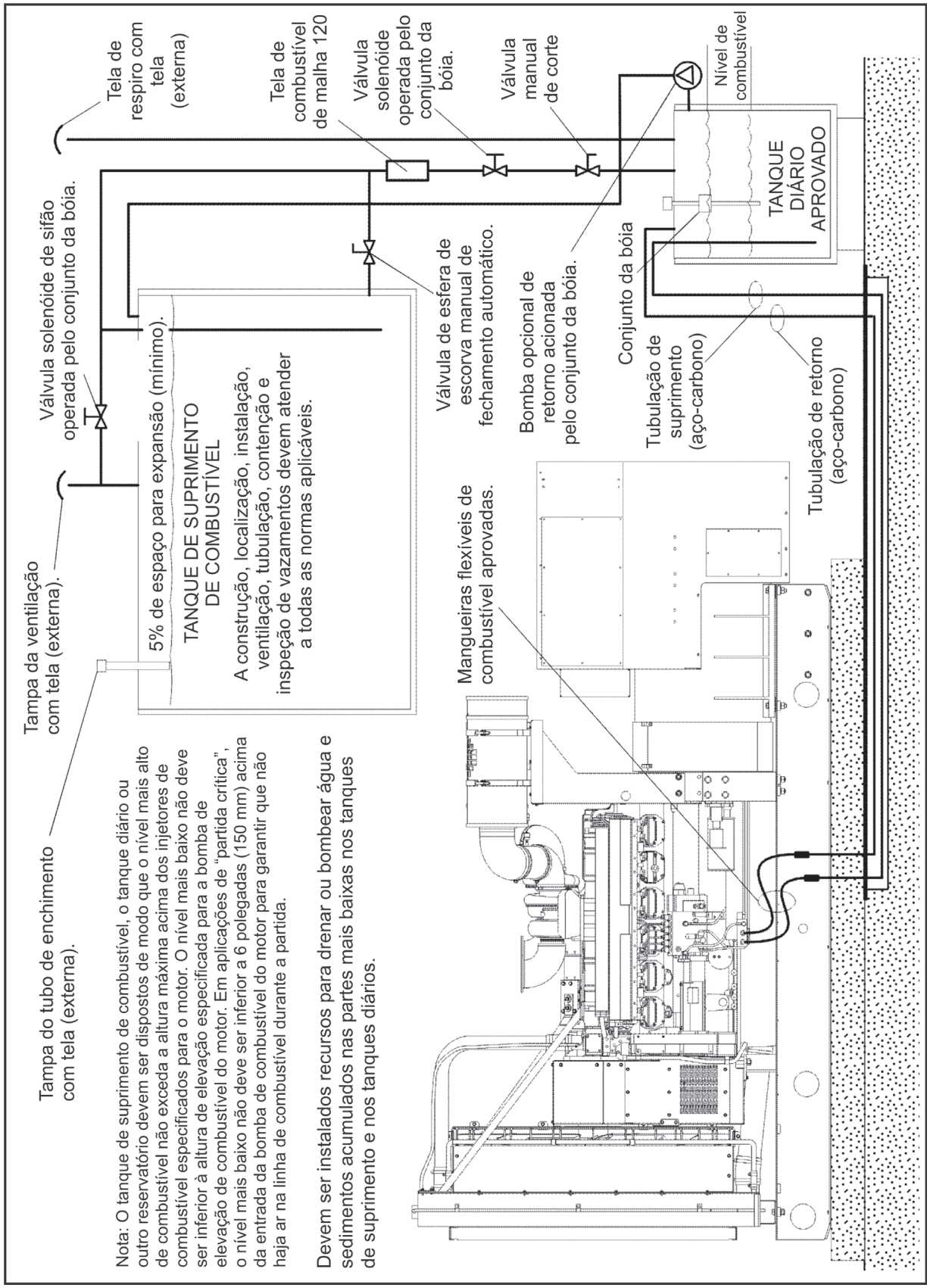

Tela de respiro com tela (externa)
Tela de combustível de malha 120
Válvula solenóide operada pelo conjunto da bóia.
Válvula manual de corte
Nível de combustível
TANQUE DIÁRIO APROVADO
Válvula solenóide de sifão operada pelo conjunto da bóia.
Válvula de esfera de escorva manual de fechamento automático.
Bomba opcional de retorno acionada pelo conjunto da bóia.
Conjunto da bóia
Tubulação de suprimento (aço-carbono)
Tubulação de retorno (aço-carbono)
Tampa da ventilação com tela (externa).
5% de espaço para expansão (mínimo).
TANQUE DE SUPRIMENTO DE COMBUSTÍVEL
A construção, localização, instalação, ventilação, tubulação, contenção e inspeção de vazamentos devem atender a todas as normas aplicáveis.
Mangueiras flexíveis de combustível aprovadas.
Tampa do tubo de enchimento com tela (externa).
Nota: O tanque de suprimento de combustível, o tanque diário ou outro reservatório devem ser dispostos de modo que o nível mais alto de combustível não exceda a altura máxima acima dos injetores de combustível especificados para o motor. O nível mais baixo não deve ser inferior à altura de elevação especificada para a bomba de elevação de combustível do motor. Em aplicações de "partida crítica", o nível mais baixo não deve ser inferior a 6 polegadas (150 mm) acima da entrada da bomba de combustível do motor para garantir que não haja ar na linha de combustível durante a partida.
Devem ser instalados recursos para drenar ou bombear água e sedimentos acumulados nas partes mais baixas nos tanques de suprimento e nos tanques diários.

Figura 6-66. Exemplo de um sistema típico para suprimento de combustível - Tanque de suprimento localizado acima do grupo gerador.

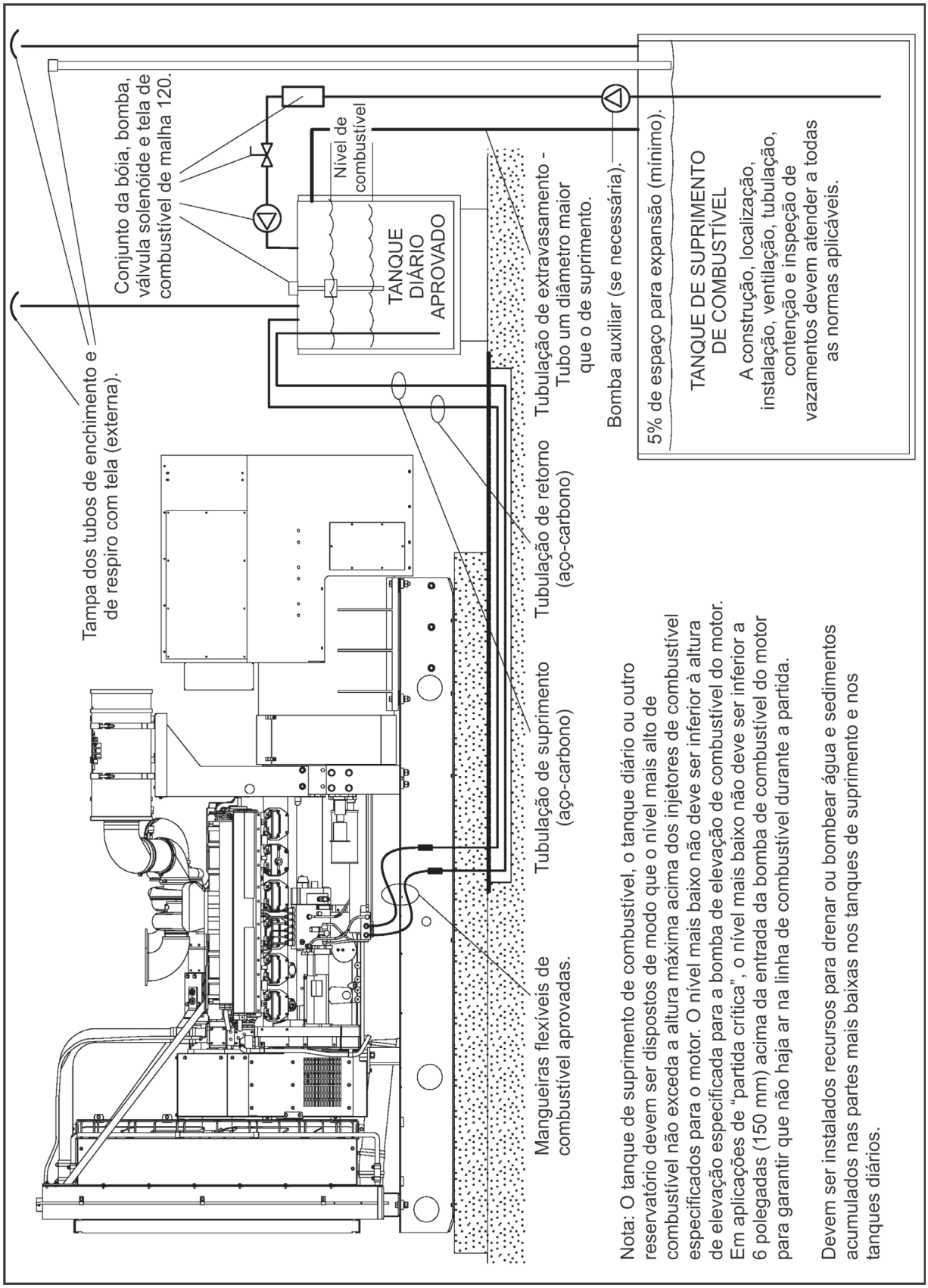

Tampa dos tubos de enchimento e de respiro com tela (externa).
Conjunto da bóia, bomba, válvula solenóide e tela de combustível de malha 120.
Nível de combustível
TANQUE DIÁRIO APROVADO
Tubulação de extravasamento - Tubo um diâmetro maior que o de suprimento.
Bomba auxiliar (se necessária).
5% de espaço para expansão (mínimo).
TANQUE DE SUPRIMENTO DE COMBUSTÍVEL
A construção, localização, instalação, ventilação, tubulação, contenção e inspeção de vazamentos devem atender a todas as normas aplicáveis.
Tubulação de retorno (aço-carbono)
Tubulação de suprimento (aço-carbono)
Mangueiras flexíveis de combustível aprovadas.
Nota: O tanque de suprimento de combustível, o tanque diário ou outro reservatório devem ser dispostos de modo que o nível mais alto de combustível não exceda a altura máxima acima dos injetores de combustível especificados para o motor. O nível mais baixo não deve ser inferior à altura de elevação especificada para a bomba de elevação de combustível do motor. Em aplicações de "partida crítica", o nível mais baixo não deve ser inferior a 6 polegadas (150 mm) acima da entrada da bomba de combustível do motor para garantir que não haja ar na linha de combustível durante a partida.
Devem ser instalados recursos para drenar ou bombear água e sedimentos acumulados nas partes mais baixas nos tanques de suprimento e nos tanques diários.

Figura 6-67. Exemplo de um sistema típico para suprimento de combustível - Tanque de suprimento localizado abaixo do grupo gerador.

Tubulação para o diesel combustível

- As tubulações do diesel combustível devem ser construídas em tubo de aço-carbono ("*black iron*"). Os tubos e conexões de ferro fundido ou de alumínio não devem ser utilizados por serem porosos e podem permitir o vazamento do combustível. As tubulações, conexões e tanques de combustível galvanizados não devem ser utilizados porque a camada de galvanização é atacada pelo ácido sulfúrico que se forma quando o enxofre contido no combustível reage com a umidade condensada do tanque, resultando em resíduos que podem obstruir bombas e filtros de combustível. As tubulações de cobre não devem ser utilizadas porque o diesel combustível se "*polimeriza*" (torna-se espesso devido ao efeito catalítico do cobre) no interior do tubo de cobre durante longos períodos de inatividade e pode obstruir os injetores de combustível. Além disso, as tubulações de cobre são menos resistentes do que as feitas de aço-carbono ("*black iron*") e, portanto, mais propensas a danos.

  Nota: *Nunca utilize tubulações, conexões ou tanques de combustível galvanizados ou de cobre. A condensação da umidade no interior do tanque e nas tubulações reage com o enxofre contido no diesel combustível e produz ácido sulfúrico. O metal contido nas tubulações ou tanques de cobre ou galvanizados reage com o ácido e contamina o combustível.*

- Para as conexões do motor devem ser utilizadas mangueiras flexíveis e com "certificação" para absorver os movimentos e a vibrações produzidos pelo grupo gerador.

- A tubulação do "tanque diário" para o motor deve estar sempre inclinada "para baixo" desde o tanque até o motor, sem a presença de voltas ou curvas voltadas para cima e que possam permitir a entrada de ar no sistema.

- A tubulação do sistema de combustível deve ser possuir um sistema de suporte e fixação mecânicos adequados para evitar quebras e rupturas resultantes de vibrações. Ela não deve ser instalada próxima a tubos de aquecimento, fiação elétrica ou componentes do sistema de escape do motor. O projeto do sistema de tubulação de combustível deve incluir a instalação de válvulas em locais apropriados para permitir o isolamento dos componentes do sistema para reparos e manutenção sem que haja a necessidade de se drenar todo o sistema.

- Os sistemas de tubulações devem ser inspecionados regularmente para verificação da existência de vazamentos e das condições gerais do equipamento.
  O sistema da tubulação de combustível deve ser limpo antes do motor ser colocado em funcionamento para remover a sujeira e outras impurezas que possam causar algum dano. O uso de conexões do tipo "T" ao invés de conexões do tipo "cotovelo" permite uma limpeza mais fácil do sistema da tubulação.

- Na documentação técnica do fabricante do motor é possível encontrar os valores para as restrições máximas de entrada e de retorno de combustível, o fluxo máximo, a alimentação e o retorno, e o consumo de combustível.
  A **Tabela 6-10** apresenta uma lista com os diâmetros mínimos de mangueiras e tubos para serem utilizados nas conexões com o "tanque de suprimento" ou com o "tanque diário" quando se encontram a uma distância de 15 metros (50 pés) do grupo gerador e, aproximadamente, na mesma altura.

Os diâmetros das mangueiras e tubos deve basear-se no valor para o fluxo máximo de combustível e não na taxa de consumo. É bastante recomendável que os valores especificados para as "restrições" à entrada e ao retorno de combustível sejam verificadas antes que o grupo gerador seja colocado em serviço.

Taxa de fluxo máximo de combustível em litros/hora (GPH)	Nº da mangueira flexível*	Tamanho do tubo NPS (pol.)	Tamanho do tubo DN (mm)
Menos que 80 (303)	10	1/2	15
81-100 (304-378)	10	1/2	15
101-160 (379-604)	12	3/4	20
161-230 (605-869)	12	3/4	20
231-310 (870-1170)	16	1	25
311-410 (1171-1550)	20	1-1/4	32
411-610 (1550-2309)	24	1-1/2	40
611-920 (2309-3480)	24	1-1/2	40

***)** Especificação de tamanho dos fornecedores de mangueiras genéricas de combustível.

Tabela 6-10. Comprimento equivalente dos diâmetros mínimos de mangueiras e tubos de combustível, até 15 metros (50 pés).

Nota do tradutor: *No texto original, em inglês, a tubulação em ferro nodular é denominada "black iron". Este nome se refere ao processo de acabamento das peças de ferro nodular , que são resfriadas em óleo após a fundição, dando-lhes uma camada protetora de côr enegrecida.*
O termo "Schedule 40" se refere à classificação para tubos de ferro segundo a norma ANSI. Esta classificação define os valôres para diâmetros externos, diâmetros internos, espessuras das paredes, número de fios por rosca para conexões, etc.

Tanques de combustível “sob a base”

Quando um grupo gerador é montado sobre um tanque de combustível denominado “*sob a base*”, devem ser instalados isoladores de vibração entre o grupo gerador e o tanque de combustível. O tanque de combustível deve ser capaz de suportar o peso do grupo e resistir às cargas dinâmicas. O tanque deve ser montado de modo que haja um espaço livre entre a base do tanque e o piso para reduzir o risco de corrosão e permitir inspeções visuais para verficiar a existência de vazamentos.

Tanques diários

Quando uma determinada aplicação exigir o uso de um “tanque diário” intermediário, em geral, este tanque deve ser dimensionado para um período de funcionamento de aproximadamente 2 horas com o grupo gerador sob carga plena (*Este valor está sujeito às especificações e/ou limitações estabelecidas pelas normas técnicas para a armazenagem de combustível no recinto do grupo gerador*). Um único “tanque diário” pode suprir a demanda de diversos grupos geradores, porém é preferível que haja um “tanque diário” para cada grupo gerador, e que o tanque esteja localizado tão próximo quanto possível do grupo gerador. O tanque deve ser posicionado de modo a permitir seu abastecimento manual, caso isto seja necessário.

A altura do “tanque diário” deve ser suficiente para exercer uma pressão positiva na entrada da bomba de combustível do motor. O nível mínimo no tanque não deve ser inferior a 150 mm (6 pol.) acima da entrada de combustível do motor.

A altura máxima do nível de combustível no “tanque diário” não deve ser suficiente para estabelecer uma “pressão positiva” nas tubulações de retorno do combustível no motor.

A conexão da tubulação de retorno do combustível com o “tanque diário” pode variar dependendo do tipo de motor utilizado. Para alguns motores é necessário que o combustível seja “retornado” num ponto acima do nível máximo do tanque. Para outros motores é necessário que o combustível seja “retornado” para a base do tanque (ou abaixo do nível mínimo do tanque). O fabricante do motor deve fornecer estas especificações.

Dentre os recursos dos “tanques diários” que podem ser classificados como “importantes”, “necessários” ou “desejáveis”, podemos incluir:

- Tanque de ruptura ou dique (*Este é um item opcional, porém é exigido por lei em muitos locais*.);
- Chave interruptora controlada por uma bóia e utilizada para monitorar e/ou controlar o nível de combustível durante o abastecimento do tanque. Esta chave interruptora deve ser utilizado para controlar:
  - Uma válvula solenóide na tubulação de combustível, caso o “tanque principal” esteja localizado numa altura superior à do “tanque diário”; ou:
  - Uma bomba de combustível, caso o “tanque principal” esteja localizado numa altura inferior à do “tanque diário”.
- Tubo para “desaeração”, com o mesmo diâmetro que o tubo para abastecimento, conectado ao o ponto mais alto do sistema;
- Válvula para o dreno;
- Medidor do nível ou visor de vidro (*janela de vidro com graduação para leitura do nível*);
- Alarme indicador de “nível baixo” (opcional);
- Chave interruptora controlada por uma bóia, indicadora de “nível alto”. Esta chave interruptora deve ser utilizada para controlar:
  - Uma válvula solenóide na tubulação de combustível, caso o “tanque principal” esteja localizado numa altura superior à do “tanque diário”; ou:
  - Uma bomba de combustível, caso o “tanque principal” esteja localizado numa altura inferior à do “tanque diário”.
- “Sistema de refluxo” do combustível para o “tanque principal” caso este esteja localizado abaixo do “tanque diário”.

Em geral, a legislação, as normas técnicas locais, bem como as normas técnicas federais, estabelecem regulamentos para a construção de “tanques diários”, sendo, portanto, fundamental consultar as autoridades locais sobre este assunto.

Utilização de combustível gasoso

Consulte o Capítulo 2 deste manual para mais informações sobre as vantagens e desvantagens dos sistemas de que utilizam combustível gasoso em relação a outras alternativas para suprimento de combustível.

Os grupos geradores acionados por combustível gasoso (*também denominados de "grupos geradores com ignição por centelha"*) podem utilizar gás natural, gás propano líquido (PL), ou ambos. Sistemas que podem utilizar dois tipos de combustível, sendo o gás natural o seu combustível principal e o propano o seu combustível alternativo, podem ser utilizados em locais propensos a abalos sísmicos e onde ocorram "eventos naturais" que possam interromper o fornecimento de gás pela concessionária pública.

Independente do tipo de combustível utilizado, os principais fatores que determinam se o projeto, instalação e operação de um sistema de geração de energia à combustível gasoso é bem sucedido, são:

- Na pior das hipóteses, o gás combustível fornecido ao grupo gerador deve ser de "qualidade aceitável";
- O suprimento de gás combustível deve ter uma pressurização suficiente. Deve-se certificar de que o suprimento de gás combustível que chega ao grupo gerador, e não apenas na fonte do gás combustível, tenha uma pressurização correta para o funcionamento adequado do sistema. A pressão especificada no projeto e na documentação técnica do equipamento deve estar disponível "sempre" que o grupo gerador estiver funcionando sob plena carga.
- O gás combustível deve ser suprido ao grupo gerador em quantidade suficiente para o seu funcionamento. Normalmente, isto depende do diâmetro da tubulação de combustível que deve ter um diâmetro largo o suficiente para transportar a quantidade necessária de gás combustível. Para sistemas que utilizam o vapor de PL ("propano líquido") combustível, o tamanho e a temperatura do tanque de armazenagem do combustível líquido também influenciam nesta especificação.

Qualquer impedimento em atender à estes "requisitos mínimos" para o grupo gerador nestas áreas terá como resultado a impossibilidade de funcionamento do grupo gerador, ou a impossibilidade do grupo gerador suportar sua a carga nominal, ou ainda, em baixo desempenho durante transientes.

Qualidade do combustível gasoso

Os combustíveis gasosos são, na verdade, uma mistura de diversos hidrocarbonetos gasosos tais como metano, etano, propano e butano. Eventualmente a mistura pode conter outros gases como oxigênio e nitrogênio, água vaporizada, e contaminantes diversos, alguns dos quais são potencialmente danosos para o motor ao longo do tempo.

A qualidade do gás combustível depende da quantidade de energia contida por unidade de volume deste combustível e da quantidade de contaminantes presentes no combustível.

Teor energético

Uma das características mais importantes dos combustíveis gasosos utilizados por um grupo gerador é o "valor calorífico" do combustível. O "valor calorífico" de um combustível indica a quantidade de energia armazenada em um determinado volume específico do combustível.

Um combustível gasoso possui dois parâmetros denominados de "baixo valor calorífico" (LHV) e "alto valor calorífico" (HHV). O "baixo valor calorífico" corresponde à quantidade de calor disponível para o funcionamento do motor após a água contida no combustível (sob a forma de contaminante) ter sido vaporizada. Caso o "baixo valor calorífico" de um combustível seja muito baixo, mesmo que o motor receba um volume suficiente de combustível, o motor não será capaz de manter plena potência de saída, porque não foi disponibilizada a quantidade de energia suficiente ao motor para ser convertida em energia mecânica. Caso o LHV de um combustível seja inferior a 905 BTU/pé³ o motor não poderá produzir a sua potência nominal em condições de temperatura ambiente padrão.

Caso o combustível gasoso disponível para uso contenha um teor energético superior a 1000 BTU/pé³, a demanda efetiva para o fluxo de gás (em pés³/min) poderá ser menor e a especificação para o valor da pressão poderá ter uma pequena redução. Na situação inversa, caso o combustível contenha um teor energético inferior a 1000 BTU/pé³, a demanda efetiva para o fluxo de gás (em pés³/min) será maior e, portanto, será preciso que o valor da pressurização mínima necessária seja mais elevado para que o suprimento de gás permita a qualquer grupo gerador atingir o seu desempenho nominal.

As características de desempenho variam ligeiramente para cada tipo e modelo de motor dependendo do tipo de gás combustível utilizado. Isto ocorre devido à variações na taxa de compressão do motor e também depende do ar utilizado na combustão ser naturalmente aspirado ou turbocomprimido.

Gás natural canalizado

O gás combustível mais comum utilizado em grupos geradores é denominado de "gás natural canalizado". Nos Estados Unidos da América, o "gás natural canalizado seco" possui qualidades específicas, determinadas por normas técnicas federais. Em outros países, o gás canalizado pode variar em teor e, portanto, as características do gás combustível devem ser analisada antes do seu uso em um grupo gerador. Nos Estados Unidos da América, o gás canalizado é uma mistura composta por, aproximadamente, 98% de metano e etano, e os outros 2% formados por hidrocarbonetos como propano e butano, nitrogênio, dióxido de carbono e vapor de água.

O termo "*seco*" significa "*isento de hidrocarbonetos líquidos*", como gasolina, todavia isso não significa que esteja isento de vapor de água. Em geral, o gás canalizado "SECO" possui um LHV de 936 BTU/pé³ e um HHV de 1.038 BTU/pé³.

Gás de "campo"

A composição do "gás natural de campo" varia consideravelmente entre diferentes regiões e entre diferentes continentes. É necessária uma análise cuidadosa antes que o "gás natural de campo" possa ser utilizado em um motor. O "gás natural de campo" pode conter hidrocarbonetos gasosos formados por moléculas "mais pesadas" como pentano, hexano e heptano, que podem exigir um "*rebaixamento de classificação*" ("*de-rating*") para a potência de saída do motor. Outros contaminantes, como enxofre, também podem estar presentes na composição deste tipo de combustível. Um "gás natural de campo" típico pode ter um LHV de 1.203 BTU/pé³ e um HHV de 1.325 BTU/pé³.

Propano (GLP)

O propano encontra-se disponível em dois graus de classificação, "comercial" e "trabalhos especiais". O propano de uso "comercial" é utilizado onde a alta volatilidade deste gás é uma exigência. Nem todos os motores de ignição por centelha funcionam de forma aceitável com este tipo de combustível devido à sua volatilidade. O propano utilizado para "trabalhos especiais" (também denominado de HD5) é uma mistura que contém 95% de propano e 5% de outros gases, como o butano, isso permite um melhor desempenho do motor devido à redução de pré-ignição pela volatilidade reduzida. O gás combustível propano para "trabalhos especiais" que atende à especificação D-1835 da norma ASTM D 1835 sobre propano para "trabalhos especiais" (equivalente ao propano HD5 especificado no Padrão 2140 da Associação dos Produtores de Gás) é adequado para a maioria dos motores. O propano possui um LHV de aproximadamente 2.353 BTU/pé³ e um HHV de 2.557BTU/pé³.

O valor calorífico mais elevado deste combustível exige que a combustão utilize diferentes concentrações de ar sempre que o propano for utilizado como gás combustível em uma mistura do tipo duplo combustível ("propano + gás natural"). À medida em que a proporção entre "propano" e "gás natural" é alterada, também é necessário alterar a proporção da mistura "ar + combustível", de modo a garantir uma combustão eficiente e balanceada.

Contaminantes no combustível

Os contaminantes mais danosos contidos nos combustíveis gasosos são o vapor de água e o enxofre.

O vapor de água é prejudicial a um motor porque pode fazer com que queima do combustível aconteça de forma descontrolada (ou, "desbalanceada"), pode ainda causar pré-ignição e outros efeitos que podem danificar o motor. O vapor de água ou gotículas de água devem ser removidos do combustível, antes de sua entrada no motor, por meio de um "*filtro seco*" que é instalado no sistema de controle de combustível antes do dispositivo regulador principal de pressão do combustível. A temperatura de "ponto de orvalho" do gás combustível deve ser, pelo menos, 11°C (20°F) menor que a temperatura ambiente mínima no local da instalação do grupo gerador.

O enxofre e os sulfetos de hidrogênio podem causar a corrosão e sérios danos a um motor num intervalo de tempo relativamente curto. Diferentes motores apresentam diferentes níveis de tolerância à contaminação por enxofre e, alguns motores simplesmente não funcionam caso o combustível contenha um teor significativo de enxofre. Consulte o fabricante do motor para verificar a aprovação de combustíveis específicos para modelos específicos motores. Os efeitos do enxofre no combustível podem ser compensados em parte pelo uso de óleos lubrificantes específicos para gás natural e com alto teor de cinzas. Em geral, os motores não devem ser operados utilizando combustíveis que contenham mais de 10 partes por milhão (ppm) de enxofre.

Alguns tipos de combustíveis gasosos, como os provenientes de aterros sanitários, podem apresentar um teor de energia química suficiente para que possam ser utilizados, porém costumam apresentar concentrações muito altas de enxofre (>24 ppm). Estas concentrações são freqüentemente denominadas de "gás ácido". Caso a concentração de enxofre contido neste tipo de combustível seja eliminado (reduzido a níveis aceitáveis), o mesmo poderá ser utilizado como um combustível gasoso em diversos motores, desde que apresente um "valor calorífico" suficientemente elevado (em BTU/pé³).

Análise química do combustível

A empresa fornecedora do combustível gasoso pode também fornecer uma análise química do combustível comercializado, que descreva a sua composição química. Esta análise do combustível pode ser utilizada para assegurar (certificar) que o combustível seja adequado para uso em tipos específicos de motores selecionados para uma determinada aplicação, e também para certificar que o teor energético do combustível seja suficiente para fornecer a potência de saída necessária. Os fornecedores de gás combustível podem, eventualmente, modificar a composição do gás natural canalizado sem que haja um prévio aviso, de modo que não existe uma garantia a longo prazo para o desempenho ideal do grupo gerador.

O processo de avaliação do gás combustível pode ser descrito resumidamente como:

1. Faça uma lista com a porcentagem de cada gás existente na composição do combustível gasoso;
2. Calcule a porcentagem do total do combustível que é inflamável. A porcentagem da porção inflamável do combustível é igual a 100%, subtraídas as porcentagens dos componentes inertes;
   Os componentes inertes incluem oxigênio, dióxido de carbono e vapor de água.
3. Calcule a porcentagem de cada componente inflamável presente no combustível gasoso;
4. Verifique se combustível gasoso é aceitável usando como referência a porcentagem de cada um de seus componentes inflamáveis em comparação com as recomendações do fabricante do motor.

   Por exemplo, para um combustível gasoso cuja análise química apresente a seguinte composição:

   90% Metano
   6% Etano
   2% Hidrogênio
   1% Pentano Normal
   1% Nitrogênio

   - Porcentagem total de elementos inertes = 1%.

   - Total inflamável = (100%) - (1%) = 99%.

   - % Metano = (90%) / (99%) = 91%.
   - % Etano = (6%) / (99%) = 6.1%.
   - % Hidrogênio = (2%) / (99%) = 2%.
   - % Pentano Normal= (1%) / (99%) = 1%.

   Consulte a **Tabela 6-11** para uma listagem "típica" com as "porcentagens máximas permitidas" para os componentes inflamáveis contidos em combustíveis gasosos utilizados em grupos geradores da Cummins.

   Observe que neste exemplo, um combustível pode ser considerado aceitável para um motor com baixa taxa de compressão (geralmente em torno de 8,5:1), porém não para um motor com uma taxa de compressão mais elevada. Um motor com uma taxa de compressão mais elevada, terá especificações mais rigorosas quanto a composição do combustível, todavia poderá funcionar de modo satisfatório reduzindo-se sua potência de saída.

   Em quaisquer dos casos, recomenda-se consultar o fabricante do motor.

5. Verifique a "classificação" do grupo gerador utilizando como referência o tipo de combustível proposto.

O "teor calórico total" do gás combustível (em BTU/pé³) irá determinar a "classificação" do grupo gerador para um combustível que apresente uma determinada composição. Caso quaisquer dos componentes químicos do combustível tenha um "valor específico" acima do permitido poderá ser necessário um "*rebaixamento de classificação*" ("*de-rating*") para a potência de saída do motor. Consulte o fabricante do motor quanto às especificações para o combustível e quanto às instruções para o "*rebaixamento de classificação*" ("*de-rating*") para a potência de saída do motor.

Note que o "*rebaixamento de classificação*" ("*de-rating*") para a potência de saída do motor devido à composição química do combustível e devido aos efeitos da altitude e da temperatura[21] **não devem ser somados**. Apenas o valor mais elevado para o "*rebaixamento de classificação*" ("*de-rating*") para a potência de saída do motor deverá ser utilizado, seja ele devido à composição química do combustível ou devido aos efeitos da altitude e da temperatura.

Os motores equipados com turbocompressores possuem especificações únicas referentes à composição do combustível devido às pressões mais elevadas no interior dos cilindros. Para evitar problemas com a "pré-ignição" ou "detonação", eventualmente, poderá ser necessário o "*rebaixamento de classificação*" ("*de-rating*") para a potência de saída do motor caso o teor de propano e/ou iso-butano ultrapassar as porcentagens especificadas na **Tabela 6-12**.

21) Consulte o fabricante do motor ou do grupo gerador quanto aos fatores que determinam o "*rebaixamento de classificação*" ("*de-rating*") para a potência de saída do motor devido aos efeitos da temperatura e da altitude.

	Taxa de Compressão de 8,5:1	Taxa de Compressão de 10,5:1
Metano (C_1)	100	100
Etano (C_2)	100	100
Propano (C_3)	10	2
ISO-Butano (IC_4)	7	0.2
Hidrogênio (H_2)	7	traço
Butano Normal (NC_4)	3	0,2
ISO-Pentano (IC_5)	3	0,2
Pentano Normal (NC_5)	1	0,1
Hexano (C_6)	1	0,1
Heptano (C_7)	1	0,1

Tabela 6-11. "Porcentagens máximas permitidas" para compostos inflamáveis no contidos em combustíveis gasosos utilizados em motores de grupos geradores Cummins.

	Taxa de Compressão de 8,5:1	Taxa de Compressão de 10,5:1
Metano	NA	NA
Etano	NA	NA
Propano	5%	*
Iso-butano	2%	*
* Motores turbocomprimidos com taxa de compressão elevada não podem consumir qualquer mistura de propano ou iso-butano.		

Tabela 6-12. "Porcentagens máximas permitas" para os compostos constituintes de combustíveis gasosos, e que podem determinar o "*despotenciamento*" (*ou seja, o rebaixamento da classificação para a potência de saída do motor* - "*de-rating*") de motores equipados com turbocompressor.

Projeto do sistema de combustível para o grupo gerador

A **Figura 6-68** ilustra os componentes típicos de uma tubulação de gás para um sistema acionado por um duplo de combustível (uma combinação de GLP e gás natural) com sistema de transferência automática. Os sistemas simples de combustível (GLP ou gás natural) utilizam as partes indicadas dos componentes do desenho. A figura não mostra o vaporizador de GLP fornecido com os grupos geradores da Cummins Power Generation, equipados para o uso de combustível líquido ou GLP (montado apenas em motores de grupos geradores externos). Os reguladores da pressão de serviço, os filtros de gás seco e as válvulas de corte manual geralmente são fornecidos pelo instalador, mas são fornecidos como acessórios pela Cummins Power Generation.

Projeto do sistema de combustível do Local

Deve-se considerar os seguintes fatores na instalação de um sistema de combustível de gás natural e/ou GLP:

- No projeto do sistema de suprimento de combustível a gás, os materiais, componentes, fabricação, montagem, instalação, testes, inspeção, operação e manutenção devem atender todas as normas técnicas aplicaveis[22].
- O arranjo e o dimensionamento da tubulação de gás devem ser adequados para o manuseio do volume de gás requerido pelo grupo gerador e todos os outros equipamentos, como as caldeiras de aquecimento do edifício, alimentados pela mesma fonte. O fluxo do gás sob carga plena (veja a "*Folha de Especificações Técnicas*" do grupo gerador recomendado) deverá estar disponível em uma pressão de alimentação não inferior à mínima exigida, geralmente entre 5 e 10 polegadas de coluna de água, dependendo do modelo. Contudo, a determinação final dos diâmetros dos tubos deverá basear-se no método aprovado pela autoridade com jurisdição local (consulte a Norma NFPA Nº 54).
- A maioria das instalações requer um regulador para a pressão do gás de serviço. A pressão de alimentação do gás não deve exceder 13,8 ou 20 polegadas de coluna de água, dependendo do modelo, na entrada para o grupo gerador. Dependendo da pressão de distribuição do gás, pode ser necessário mais de um estágio para regulagem da pressão. Tubulações de gás com alta pressão não são permitidas dentro de edifícios (5 psig para gás natural e 20 psig para GLP, exceto se o uso de pressões mais elevadas forem aprovadas pelas autoridades locais). Os reguladores de pressão de gás devem ser ventilados para o exterior de acordo com as normas aplicáveis.
- O regulador de pressão instalado na tubulação de suprimento da fonte de gás para aplicação em um grupo gerador nunca deve ser do tipo regulador "piloto". Num regulador do tipo "piloto", o regulador requer uma linha de pressão entre o gabinete do regulador e o tubo de gás à frente para "detectar" uma queda de pressão na tubulação à frente. Os reguladores "pilotos" não funcionam pois o tempo de resposta é inaceitável face às grandes mudanças instantâneas na demanda do grupo gerador.
- Deve ser utilizada uma mangueira flexível para o combustível aprovada para uso nas conexões no motor para absorver o movimento e a vibração do grupo gerador.
- A maioria das normas requer os dois tipos de válvulas de corte, manual e elétrica (alimentada pela bateria), na entrada para as mangueiras flexíveis de combustível. A válvula manual deve ser do tipo com visor.
- Deve ser instalado um filtro de combustível seco em cada tubulação, como o ilustrado na **Figura 6-68**, para proteger os componentes de regulagem sensíveis à pressão e os orifícios à frente contra substâncias estranhas e prejudiciais transportadas juntamente com o fluxo do gás (oxidação, incrustações, etc.).
- Deve haver um sistema de suprimento de combustível GLP dedicado ao sistema de energia de emergência, caso este seja o combustível alternativo exigido.
- Um vaporizador de GLP, aquecido pelo líquido de arrefecimento do motor, é instalado pela fábrica nos grupos geradores da Cummins Power Generation equipados para o uso de GLP. Como a tubulação de gás com alta pressão (20 psig ou mais) não é permitia dentro de edifícios, os grupos geradores equipados para o uso de GLP não deverão ser instalados dentro de edifícios.

  A maioria dos modelos que utilizam GLP dispõe de gabinetes de proteção contra intempéries para instalações externas.
- A taxa de vaporização em um tanque de GLP depende da temperatura do ar externo e da quantidade de combustível no tanque (*exceto nos casos em que o tanque for equipado com um aquecedor*). Mesmo em dias frios, o ar externo aquece e vaporiza o GLP (principalmente através da superfície umedecida do tanque) quando a temperatura do ar é superior à temperatura do GLP.

  A remoção do vapor provoca a queda da temperatura e da pressão (*a uma temperatura de -38°C, ou -37°F, a pressão de vapor no GLP é igual a zero*). A menos que haja combustível suficiente e calor suficiente no ar ambiente, a taxa de vaporização decairá durante o funcionamento do grupo gerador para um valor menor que o exigido para um funcionamento contínuo e apropriado.

22) Na América do Norte, os padrões N°s 30, 37, 54 e 58 da NFPA são típicos.

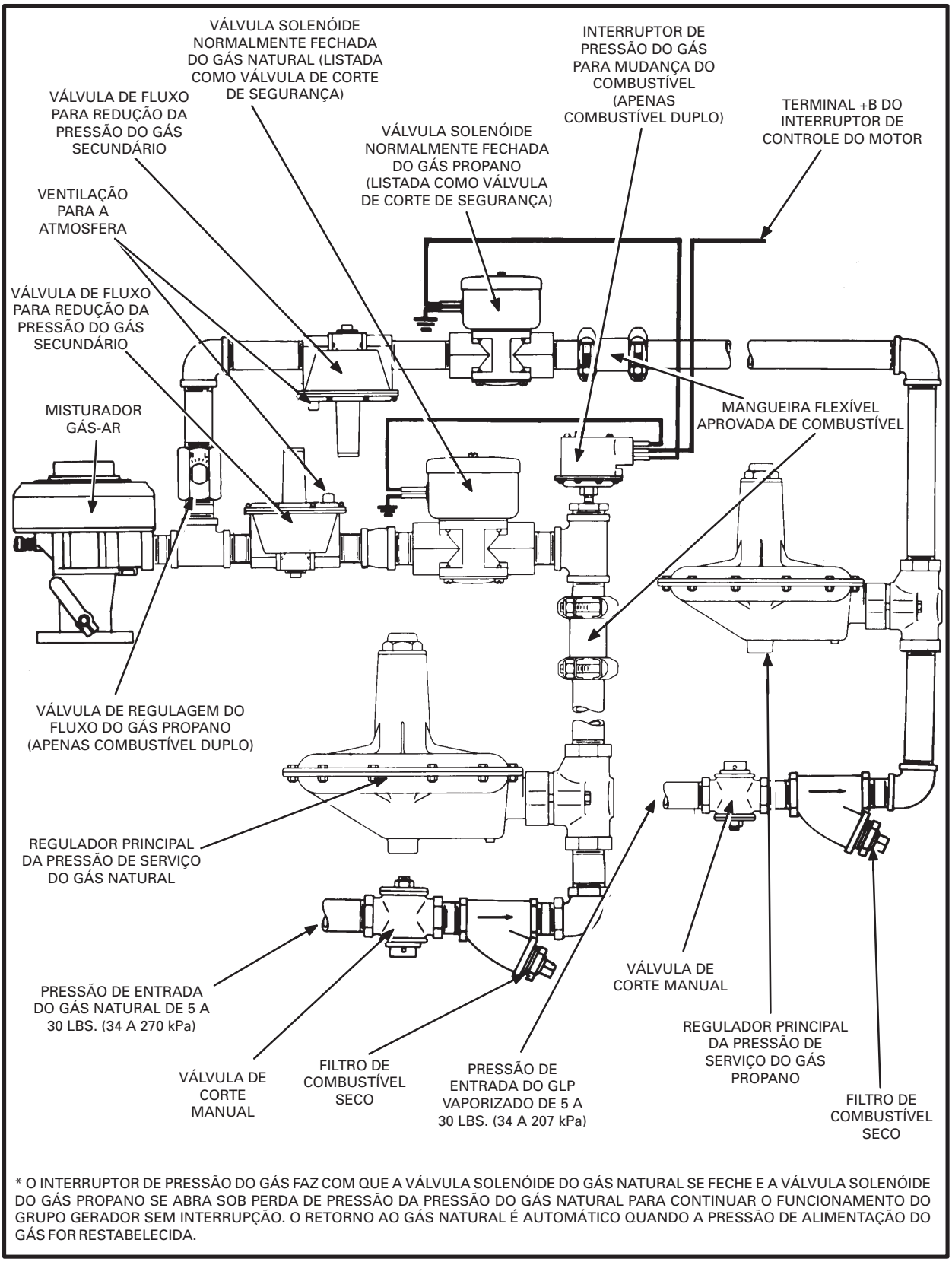

VÁLVULA SOLENÓIDE NORMALMENTE FECHADA DO GÁS NATURAL (LISTADA COMO VÁLVULA DE CORTE DE SEGURANÇA)
INTERRUPTOR DE PRESSÃO DO GÁS PARA MUDANÇA DO COMBUSTÍVEL (APENAS COMBUSTÍVEL DUPLO)
TERMINAL +B DO INTERRUPTOR DE CONTROLE DO MOTOR
VÁLVULA DE FLUXO PARA REDUÇÃO DA PRESSÃO DO GÁS SECUNDÁRIO
VÁLVULA SOLENÓIDE NORMALMENTE FECHADA DO GÁS PROPANO (LISTADA COMO VÁLVULA DE CORTE DE SEGURANÇA)
VENTILAÇÃO PARA A ATMOSFERA
VÁLVULA DE FLUXO PARA REDUÇÃO DA PRESSÃO DO GÁS SECUNDÁRIO
MISTURADOR GÁS-AR
MANGUEIRA FLEXÍVEL APROVADA DE COMBUSTÍVEL
VÁLVULA DE REGULAGEM DO FLUXO DO GÁS PROPANO (APENAS COMBUSTÍVEL DUPLO)
REGULADOR PRINCIPAL DA PRESSÃO DE SERVIÇO DO GÁS NATURAL
PRESSÃO DE ENTRADA DO GÁS NATURAL DE 5 A 30 LBS. (34 A 270 kPa)
VÁLVULA DE CORTE MANUAL
REGULADOR PRINCIPAL DA PRESSÃO DE SERVIÇO DO GÁS PROPANO
VÁLVULA DE CORTE MANUAL
FILTRO DE COMBUSTÍVEL SECO
PRESSÃO DE ENTRADA DO GLP VAPORIZADO DE 5 A 30 LBS. (34 A 207 kPa)
FILTRO DE COMBUSTÍVEL SECO
* O INTERRUPTOR DE PRESSÃO DO GÁS FAZ COM QUE A VÁLVULA SOLENÓIDE DO GÁS NATURAL SE FECHE E A VÁLVULA SOLENÓIDE DO GÁS PROPANO SE ABRA SOB PERDA DE PRESSÃO DA PRESSÃO DO GÁS NATURAL PARA CONTINUAR O FUNCIONAMENTO DO GRUPO GERADOR SEM INTERRUPÇÃO. O RETORNO AO GÁS NATURAL É AUTOMÁTICO QUANDO A PRESSÃO DE ALIMENTAÇÃO DO GÁS FOR RESTABELECIDA.

Figura 6-68. Sistema típico de para suprimento de combustível gasoso.

Cálculo da pressão do combustível em um sistema acionado por combustível gasoso

Tamanho do tanque

Use o gráfico da **Figura 6-69** como uma referência rápida para dimensionar um tanque de GLP em função da temperatura ambiente mais baixa esperada. Por exemplo, em um dia no qual a temperatura é de 40°F, o consumo de 1000 pés³/h requer um tanque com volume de 2000 galões cheio, pelo menos, até a metade.

Nota: *Em muitos casos, a quantidade necessária de combustível para que ocorra uma vaporização apropriada é muito maior que a quantidade requerida para o número de horas de funcionamento estipulado pela norma técnica.*

Por exemplo, para uma aplicação do tipo NFPA 110 Classe 6, deve haver combustível suficiente para o grupo gerador funcionar durante 6 horas antes do tanque ser reabastecido. O GLP produz aproximadamente 36,5 pés cúbicos de gás por galão de líquido. Caso a taxa de consumo do grupo gerador seja de 1000 pés³/h:

$$\text{Combustível consumido em 6 horas} = \frac{1000 \text{ pés}^3/\text{hr} \;\; 6 \text{ horas}}{36.5 \text{ pés}^3/\text{gal}} = 164 \text{ galões}$$

Neste caso, o tanque deve ter uma capacidade de pelo menos 2000 galões, conforme a estimativa feita com base na temperatura mais baixa esperada, ao invés do valor calculado para o consumo de combustível durante um período de 6 horas (164 galões).

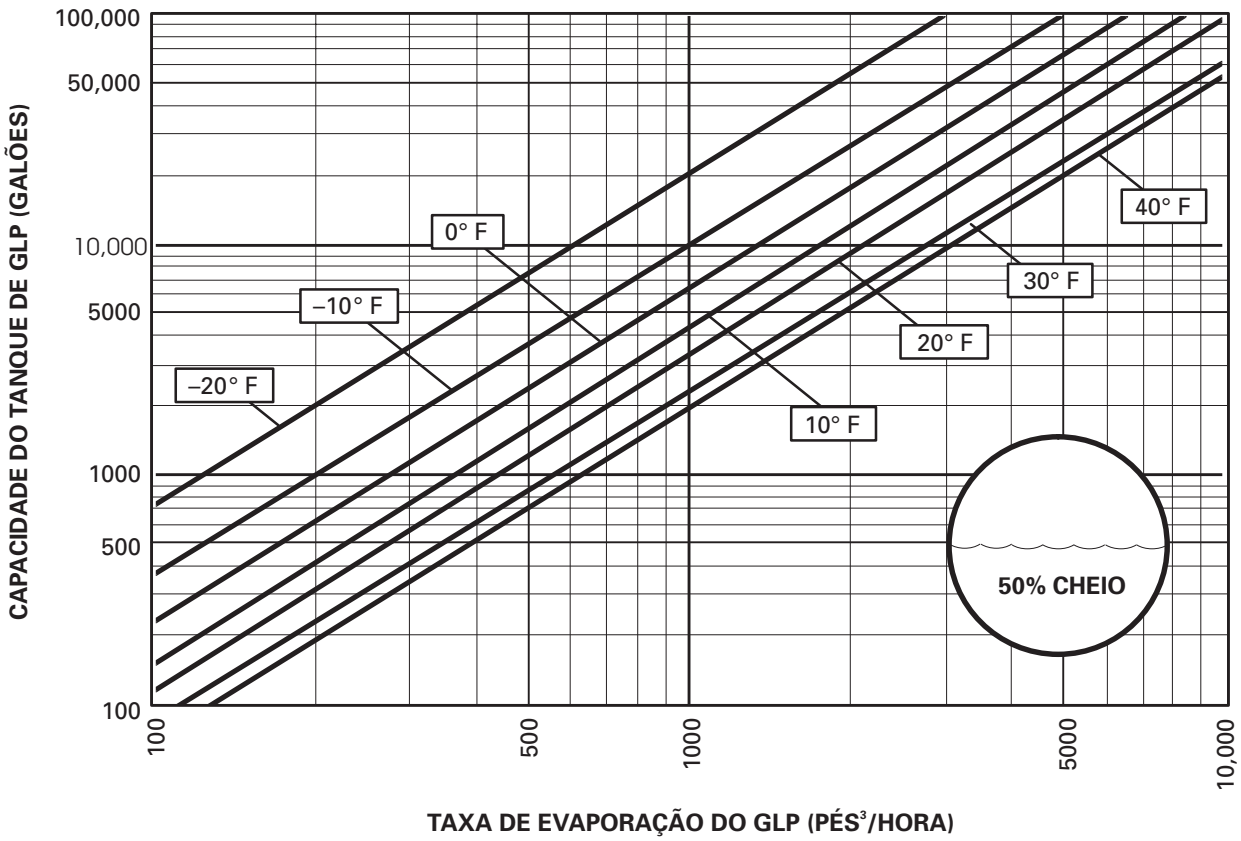


Figura 6-69. Tamanho mínimo do tanque de GLP (50% cheio) necessário para manter 5 psig na taxa específica de retirada e na temperatura mínima esperada durante o inverno.

Dimensionamento das tubulações para o gás combustível

O dimensionamento de uma tubulação do gás para o suprimento correto de combustível, tanto em função do fluxo de gás quanto da em função de sua pressão, pode se tornar bastante complexo. Entretanto, um método simplificado, também utilizado para calcular outras tipos de tubulações (para gases de escape e para o líquido de arrefecimento), é converter as dimensões de todas as conexões, válvulas, etc., nos seus comprimentos equivalentes como se fossem "tubos retos" com o(s) mesmo(s) diâmetro(s). O comprimento "linear" total equivalente poderá então ser utilizado no cálculo da capacidade de fluxo.

A **Tabela 6-5**,onde foram apresentados os "*Comprimentos equivalentes de tubos, conexões e válvulas*", também se aplica à tubulações utilizadas para gases e para líquidos. As **Tabelas 6-13** a **6-17** apresentam listagens com as capacidades máximas para o fluxo de gás em função do comprimento equivalente para tubos de diversos tamanhos.

As **Tabelas 6-10** a **6-14** são reproduções das tabelas contidas na Norma NFPA 54-2002 ("*National Fuel Gas Code*" ou "*Código Nacional dos EUA para Combustíveis Gasosos*"), e foram escolhidas levando-se em conta as especificações gerais para o funcionamento de um sistema de combustível gasoso para grupos geradores. Foram incluídas tabelas que detalham o consumo de gás natural, propano líquido e vapor de propano sob determinadas condições. Consulte a Norma NFPA 54, outras normas técnicas aplicáveis à este tipo de equipamento, ou as especificações técnicas para a instalação de outros sistemas de combustível.

O cálculo das dimensões mínimas para uma tubulação é bastante direto:

- Faça uma lista de todas as conexões e válvulas do sistema proposto e some seus comprimentos "lineares" equivalentes utilizando os dados apresentados nas tabelas.
- Adicione a este valor total os valores de todos os comprimentos de tubo "reto" para obter o valor total para o comprimento "linear" equivalente.
- Escolha a tabela adequada em função do tipo de sistema de combustível que será utilizado.
- Obtenha os valores correspondentes às especificações para os limites máximos do sistema em função do tipo de combustível e do(s) grupo(s) gerador(s) selecionados utilizando as "*Folhas de Especificações Técnicas*" dos respectivos fabricantes.

  Converta os valores obtidos para a unidade de medidas pé³/hora, caso seja necessário. (Não esqueça de levar em consideração o "*teor calórico*" do combustível, apresentado nos ítens anteriores deste capítulo.)
- Quando for efetuada a instalação do sistema de combustível as tubulações utilizadas devem ter as mesmas dimensões utilizadas nos cálculos (caso não seja possível utilizar tubulações com "exatamente" as mesmas dimensões, devem ser utilizadas àquelas que tenham comprimento aproximado "imediatamente superior").

  As dimensões padronizadas para tubulações são apresentadas nas colunas à esquerda das tabelas. Localize nestas colunas o valor igual, ou maior, que o comprimento equivalente total calculado acima. Na parte superior destas colunas é apresentado a "*dimensão nominal mínima*" do tubo ou o tamanho da tubulação exigido para o sistema conforme as especificações do projeto.

Gás: Natural **Pressão de Entrada:** 0,5 psi ou menos **Queda de Pressão:** 0,5 pol. w.c. **Gravidade Específica:** 0,60											
	Tamanho do Tubo (pol.)										
Nominal	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
ID Real	(0.364)	(0.493)	(0.622)	(0.824)	(1.049)	(1.380)	(1.610)	(2.067)	(2.469)	(3.068)	(4.026)
Comprimento (pés)	**Capacidade Máxima em Pés Cúbicos de Gás por Hora**										
10	43	95	175	360	680	1400	2100	3950	6300	11000	23000
20	29	65	120	250	465	950	1460	2750	4350	7700	15800
30	24	52	97	200	375	770	1180	2200	3520	6250	12800
40	20	45	82	170	320	660	990	1900	3000	5300	10900
50	18	40	73	151	285	580	900	1680	2650	4750	9700
60	16	36	66	138	260	530	810	1520	2400	4300	8800
70	15	33	61	125	240	490	750	1400	2250	3900	8100
80	14	31	57	118	220	460	690	1300	2050	3700	7500
90	13	29	53	110	205	430	650	1220	1950	3450	7200
100	12	27	50	103	195	400	620	1150	1850	3250	6700
125	11	24	44	93	175	360	550	1020	1650	2950	6000
150	10	22	40	84	160	325	500	950	1500	2650	5500
175	9	20	37	77	145	300	460	850	1370	2450	5000
200	8	19	35	72	135	280	430	800	1280	2280	4600

Tabela 6-13. Dimensões padrão para tubos de ferro “Schedule 40” para gás natural[23].

23) Reproduzido, com permissão, dos dados publicados na norma técnica NFPA 54-2002 “*National Fuel Gas Code*” (“*Código Nacional para Combustíveis Gasosos*”, *dos EUA*) c 2002, “*National Fire Protection Association*” (“*Associação Nacional de Proteção contra Incêndios*”, *dos EUA*), Quincy, MA 02169. O material aqui reproduzido não está completo, é um conteúdo parcial. O procedimento oficial da NFPA é de apenas se responsabilizar pela reprodução de suas normas técnicas quando são apresentadas em seu conteúdo completo.

Gás: Natural
Pressão de Entrada: 0,5 psi ou menos
Queda de Pressão: 0,5 pol. w.c.
Gravidade Específica: 0,6

		Tamanho do Tubo (pol.)									
Nominal	K & L	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
	ACR	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8
Externo		0.375	0.500	0.625	0.750	0.875	1.125	1.375	1.625	2.125	2.625
Interno*		0.305	0.402	0.527	0.652	0.745	0.995	1.245	1.481	1.959	2.435
Comprimento (pés)		Capacidade Máxima em Pés Cúbicos de Gás por Hora									
10		27	55	111	195	276	590	1062	1675	3489	6173
20		18	38	77	134	190	406	730	1151	2398	4242
30		15	30	61	107	152	326	586	925	1926	3407
40		13	26	53	92	131	279	502	791	1648	2916
50		11	23	47	82	116	247	445	701	1461	2584
60		10	21	42	74	105	224	403	635	1323	2341
70		9.3	19	39	68	96	206	371	585	1218	2154
80		8.6	18	36	63	90	192	345	544	1133	2004
90		8.1	17	34	59	84	180	324	510	1063	1880
100		7.6	16	32	56	79	170	306	482	1004	1776
125		6.8	14	28	50	70	151	271	427	890	1574
150		6.1	13	26	45	64	136	245	387	806	1426
175		5.6	12	24	41	59	125	226	356	742	1312
200		5.2	11	22	39	55	117	210	331	690	1221
250		4.7	10	20	34	48	103	186	294	612	1082
300		4.2	8.7	18	31	44	94	169	266	554	980

*) As capacidades apresentadas nesta tabela são baseadas nas tubulações de cobre, do tipo K, com diâmetro interno apresentado na tabela, os quais apresentam os menores diâmetros internos dentre as tubulações de cobre disponíveis.

Tabela 6-14. Dimensões padrão para tubos semi-rígidos de cobre para gás natural[24].

24) Reproduzido, com permissão, dos dados publicados na norma técnica NFPA 54-2002 "*National Fuel Gas Code*" ("*Código Nacional para Combustíveis Gasosos*", *dos EUA*) c 2002, "*National Fire Protection Association*" ("*Associação Nacional de Proteção contra Incêndios*", *dos EUA*), Quincy, MA 02169. O material aqui reproduzido não está completo, é um conteúdo parcial. O procedimento oficial da NFPA é de apenas se responsabilizar pela reprodução de suas normas técnicas quando são apresentadas em seu conteúdo completo.

Gás: Propano Não-Diluído
Pressão de Entrada: 11,0 pol. w.c.
Queda de Pressão: 0,5 pol. w.c.
Gravidade Específica: 1,50
Uso Especial: Dimensionamento do tubo entre o estágio simples ou secundário (regulador de pressão baixa) e aplicação

	Tamanho do Tubo (pol.)								
Interno nominal	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	3	3 1/2	4
Real	0.622	0.824	1.049	1.38	1.61	2.067	3.068	3.548	4.026
Comprimento (pés)	Capacidade Máxima em Milhares de Btu por Hora								
10	291	608	1145	2352	3523	6786	19119	27993	38997
20	200	418	787	1616	2422	4664	13141	19240	26802
30	160	336	632	1298	1945	3745	10552	15450	21523
40	137	287	541	1111	1664	3205	9031	13223	18421
50	122	255	480	984	1475	2841	8004	11720	16326
60	110	231	434	892	1337	2574	7253	10619	14793
80	94	197	372	763	1144	2203	6207	9088	12661
100	84	175	330	677	1014	1952	5501	8055	11221
125	74	155	292	600	899	1730	4876	7139	9945
150	67	140	265	543	814	1568	4418	6468	9011
200	58	120	227	465	697	1342	3781	5536	7712
250	51	107	201	412	618	1189	3351	4906	6835
300	46	97	182	373	560	1078	3036	4446	6193
350	42	89	167	344	515	991	2793	4090	5698
400	40	83	156	320	479	922	2599	3805	5301

Tabela 6-15. Dimensões padrão para tubos de ferro “Schedule 40” para vapor de propano[25].

25) Reproduzido, com permissão, dos dados publicados na norma técnica NFPA 54-2002 “*National Fuel Gas Code*” (“*Código Nacional para Combustíveis Gasosos*”, *dos EUA*) c 2002, “*National Fire Protection Association*” (“*Associação Nacional de Proteção contra Incêndios*”, *dos EUA*), Quincy, MA 02169. O material aqui reproduzido não está completo, é um conteúdo parcial. O procedimento oficial da NFPA é de apenas se responsabilizar pela reprodução de suas normas técnicas quando são apresentadas em seu conteúdo completo.

Gás: Propano Não-Diluído
Pressão de Entrada: 11,0 pol. w.c.
Queda de Pressão: 0,5 pol. w.c.
Gravidade Específica: 1,50
Uso Especial: Dimensionamento entre o estágio simples e secundário (regulador de baixa pressão) e aplicação

		Tamanho do Tubo (pol.)									
Nominal	K & L	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
	ACR	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8
Externo		0.375	0.500	0.625	0.750	0.875	1.125	1.375	1.625	2.125	2.625
Interno*		0.305	0.402	0.527	0.652	0.745	0.995	1.245	1.481	1.959	2.435
Comprimento (pés)		Capacidade Máxima em Milhares de Btu por Hora									
10		45	93	188	329	467	997	1795	2830	5895	10429
20		31	64	129	226	321	685	1234	1945	4051	7168
30		25	51	104	182	258	550	991	1562	3253	5756
40		21	44	89	155	220	471	848	1337	2784	4926
50		19	39	79	138	195	417	752	1185	2468	4366
60		17	35	71	125	177	378	681	1074	2236	3956
70		16	32	66	115	163	348	626	988	2057	3639
80		15	30	61	107	152	324	583	919	1914	3386
90		14	28	57	100	142	304	547	862	1796	3177
100		13	27	54	95	134	287	517	814	1696	3001
125		11	24	48	84	119	254	458	722	1503	2660
150		10	21	44	76	108	230	415	654	1362	2410
175		10	20	40	70	99	212	382	602	1253	2217
200		8.9	18	37	65	92	197	355	560	1166	2062
225		8.3	17	35	61	87	185	333	525	1094	1935
250		7.9	16	33	58	82	175	315	496	1033	1828
275		7.5	15	31	55	78	166	299	471	981	1736
300		7.1	15	30	52	74	158	285	449	936	1656

***)** As capacidades apresentadas nesta tabela são baseadas nas tubulações de cobre, do tipo K, com diâmetro interno apresentado na tabela, os quais apresentam os menores diâmetros internos dentre as tubulações de cobre disponíveis.

Tabela 6-16. Dimensões padrão para tubos semi-rígidos de cobre para vapor de propano[26].

26) Reproduzido, com permissão, dos dados publicados na norma técnica NFPA 54-2002 "*National Fuel Gas Code*" ("*Código Nacional para Combustíveis Gasosos*", *dos EUA*) c 2002, "*National Fire Protection Association*" ("*Associação Nacional de Proteção contra Incêndios*", *dos EUA*), Quincy, MA 02169. O material aqui reproduzido não está completo, é um conteúdo parcial. O procedimento oficial da NFPA é de apenas se responsabilizar pela reprodução de suas normas técnicas quando são apresentadas em seu conteúdo completo.

Comprimento Equivalente do Tubo (pés)	Tubo de Ferro Schedule 40: (Diâmetro Interno Nominal em polegadas)								
	1/2 (0,622)	3/4 (0,824)	1 (1,049)	1 1/4 (1,38)	1 1/2 (1,61)	2 (2,067)	3 (3,068)	3 1/2 (3,548)	4 (4,026)
30	733	1532	2885	5924	8876	17094	48164	70519	98238
40	627	1311	2469	5070	7597	14630	41222	60355	84079
50	556	1162	2189	4494	6733	12966	36534	53492	74518
60	504	1053	1983	4072	6100	11748	33103	48467	67519
70	463	969	1824	3746	5612	10808	30454	44589	62116
80	431	901	1697	3484	5221	10055	28331	41482	57787
90	404	845	1593	3269	4899	9434	26583	38921	54220
100	382	798	1504	3088	4627	8912	25110	36764	51216
150	307	641	1208	2480	3716	7156	20164	29523	41128
200	262	549	1034	2122	3180	6125	17258	25268	35200
250	233	486	916	1881	2819	5428	15295	22395	31198
300	211	441	830	1705	2554	4919	13859	20291	28267
350	194	405	764	1568	2349	4525	12750	18667	26006
400	180	377	711	1459	2186	4209	11861	17366	24193
450	169	354	667	1369	2051	3950	11129	16295	22700
500	160	334	630	1293	1937	3731	10512	15391	21442
600	145	303	571	1172	1755	3380	9525	13946	19428
700	133	279	525	1078	1615	3110	8763	12830	17873
800	124	259	488	1003	1502	2893	8152	11936	16628
900	116	243	458	941	1409	2715	7649	11199	15601
1000	110	230	433	889	1331	2564	7225	10579	14737
1500	88	184	348	713	1069	2059	5802	8495	11834
2000	76	158	297	611	915	1762	4966	7271	10128

Tabela 6-17. Dimensões padrão para tubos de ferro “Schedule 40” para propano líquido - Capacidade máxima do tubo em pés cúbicos de gás por hora (pés³/h). As recomendações para o tamanho do tubo estão baseadas no tubo de ferro (“*black iron*”) “Schedule 40”.
As recomendações são baseadas na Norma NFPA 54-2002 (“*National Fuel Gas Code*” ou “*Código Nacional dos EUA para Combustíveis Gasosos*”), Tabela 9.25.

Redução de ruídos em aplicações de grupos geradores

A ciência dos ruídos

Unidades de medida do nível do ruído e Decibéis/dB(A): A unidade de medida do som é o decibel (dB). O decibel é um número em escala logarítma que expressa a relação entre os valores de duas pressões geradas pelo som, ou seja, uma comparação entre a pressão efetiva e uma pressão de referência.

Em geral, as regulamentações (leis) sobre a emissão de ruídos são redigidas em termos de "decibéis escala 'A'" ou dB(A). A letra "A" indica que a escala foi "ajustada" para um valor aproximado, de modo a representar intensidade do som da forma como um ser humano a percebe. A intensidade depende da magnitude da pressão (amplitude) e da freqüência do som. A **Figura 6-70** ilustra os níveis característicos para ruídos associados com diversos ambientes e fontes.

Os dados precisos e significativos sobre a intensidade do som devem ser medidos preferencialmente num local denominado "*campo aberto*", para que se possa coletar os dados das medições dos ruídos. Um "*campo aberto*", ao contrário de um "*campo reverberante*", é um campo sonoro no qual os efeitos causados por obstáculos ou por barreiras à propagação do som são insignificantes. *Em geral, isto significa que os objetos ou barreiras estão situados longe demais, não interferem na área do teste e/ou estão cobertos com materiais adequados para a absorção do som*.

Medições precisas de níveis de ruídos também exigem que o microfone utilizado seja colocado externamente ao "*campo vizinho*". O "*campo vizinho*" é definido como a região circunscrita à um raio equivalente a "um comprimento de onda" da onda sonora, ou, duas vezes a maior dimensão da fonte de ruído. A escolha deve recair sobre o maior dentre os dois valores. As medições de ruídos para regulamentações de níveis de ruídos em comunidades **não** devem ser feitas no "campo vizinho". As especificações de sobre ruídos para aplicações em engenharia exigem medições do nível de intensidade sonora em "*campo aberto*", num raio de 7 metros (21 pés),ou mais, à partir da fonte sonora.

As medições de ruídos devem ser feitas utilizando-se um medidor do nível de som e um analisador de oitava banda para uma análise mais detalhada por consultores técnicos especializados em acústica. Os microfones devem ser colocados em um círculo, com raio de 7 metros (21 pés), em torno do no grupo gerador. Esta é uma distância suficiente para este tipo e tamanho de equipamento.

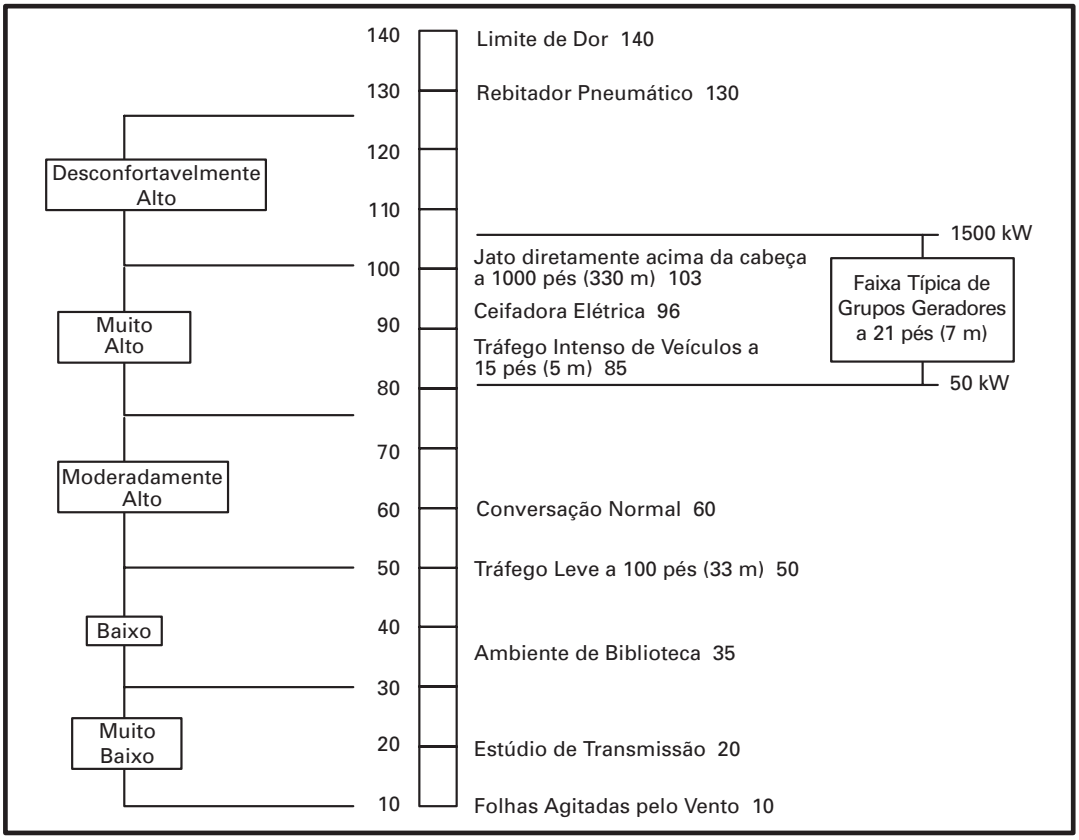


Figura 6-70. Níveis típicos de ruídos, em decibéis, gerados por diversas fontes.

Adição das intensidades sonoras de diversas fontes

A intensidade de ruído em um dado local corresponde à soma das intensidades de ruído de todas as fontes ao seu redor, inclusive das fontes refletoras. Por exemplo, a intensidade de ruído num determinado ponto de um "campo aberto", eqüidistante de dois grupos geradores idênticos, corresponde ao dobro da intensidade de cada um dos equipamentos quando ambos os grupos geradores estão funcionando simultâneamente. O dobro da intensidade de ruído corresponde a um aumento de aproximadamente de 3 dB(A). Neste caso, caso a intensidade do ruído de apenas um dos grupos geradores seja de 90 dB(A), pode-se esperar uma medição de 93 dB(A) quando ambos os grupos geradores estiverem em funcionamento.

O gráfico da **Figura 6-71** pode ser utilizado, como no exemplo abaixo, para se fazer uma estimativa da intensidade de ruído originárias de diversas fontes independentes de ruído:

1. Determine a diferença em dB(A) entre duas das fontes (selecione qualquer par de fontes). Localize o valor na escala horizontal, suba até encontrar a curva, como mostra a seta vertical, e veja o valor na escala vertical, como mostra a seta horizontal. Some este valor ao maior valor de dB(A) do par.
2. Repita a Etapa 1 (acima) para o valor recém-determinado e o valor correspondente à próxima fonte de ruído. Repita sucessivamente o processo para todas as fontes de ruído.

Por exemplo, para somar 89 dB(A), 90,5 dB(A) e 92 dB(A):

- Subtraia 90,5 dB(A) de 92 dB(A) e obtenha a diferença de 1,5 dB(A). Conforme indicam as setas na **Figura 6-71**, o valor a ser adicionado, correspondente a uma diferença de 1,5 dB(A), é de 2,3 dB(A). Este valor deve ser somado a 92 dB(A), resultando num total de 94,3 dB(A).
- Da mesma forma, subtraia 89 dB(A) do novo valor obtido de 94,3 dB(A), e obtenha a diferença de 5,3 dB(A).
- Finalmente, some o valor correspondente à diferença de 1,1 dB(A) ao valor 94,5 dB(A), e obtenha um total de 95,6 dB(A).

Como alternativa, a seguinte fórmula pode ser utilizada para somar os níveis de intensidade sonora medidos em dB(A):

$$dBA_{total} = 10 \cdot \log_{10}\left(10^{\left(\frac{dBA_1}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{dBA_1}{10}\right)} + \ldots + 10^{\left(\frac{dBA_n}{10}\right)}\right)$$

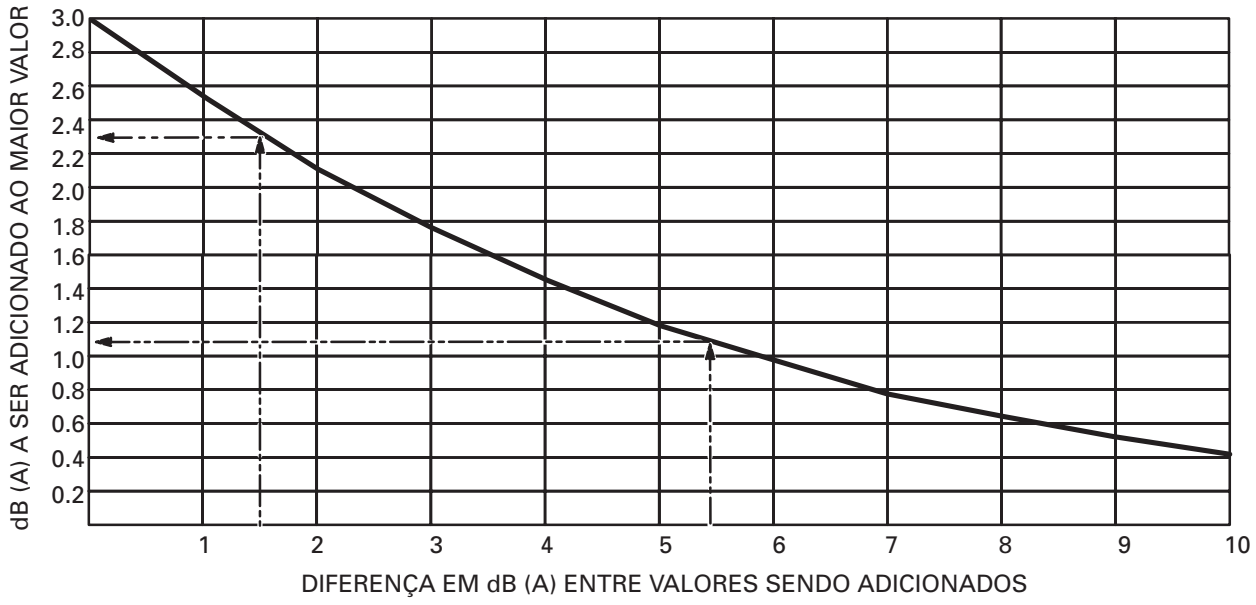


Figura 6-71. Gráfico dos valores para o cálculo de adição de intensidades de ruídos.

Efeito da distância sobre a intensidade do som

Em um "*campo aberto*", a intensidade do som diminui à medida que a distância até a fonte sonora aumenta. Se, por exemplo, uma segunda medição de som for feita a uma distância correspondente à duas vezes a distância original em relação à fonte, a segunda leitura será cerca de 6 dB(A) menor que a primeira (ou seja, quatro vezes menor). Caso a distância seja reduzida à metade para a segunda medição, o valor obtido será cerca de 6 dB(A) maior (ou seja, quatro vezes maior). Para uma situação mais genérica, caso a intensidade do som (SPL_1) de uma fonte a distância d_1 for conhecido, a intensidade do som (SPL_2) a uma distância d_2 pode ser determinada pela seguinte fórmula matemática:

$$SPL_2 = SPL_1 - \left[20 \cdot \log_{10}\left(\frac{d_2}{d_1}\right)\right]$$

Por exemplo, se o nível de intensidade do som (SPL_1) à 21 metros da fonte (d_1) for de 100 dB(A), à 7 metros da fonte (d_2) a intensidade do som (SPL_2) será:

$$SPL_2 = 100\text{dBA} - \left[20 \cdot \log_{10}\left(\frac{7}{21}\right)\right]$$
$$= 100 - \left[20 \cdot (-0{,}477)\right]$$
$$= 100 + 9{,}5 = 109{,}5 \text{ dBA}$$

Para aplicar a fórmula da distância apresentada acima aos dados de um grupo gerador, publicados pela Cummins Power Generation, o nível de ruído de fundo deverá ser de pelo menos 10 dB(A) menor que o nível de ruído do grupo gerador e a instalação deverá aproximar-se de um ambiente do tipo "*campo aberto*".

O gráfico da **Figura 6-72** pode ser utilizado como uma alternativa à fórmula matemática para se fazer uma estimativa da intensidade do som em diversas distâncias, assim como a linha característica. Por exemplo, como indicam as setas tracejadas, caso a classificação de ruído especificada na "*Folha de Especificações Técnicas*" para o grupo gerador recomendado seja de 95 dB(A) (a 7 metros de distância), o nível de ruído a 100 metros de distância será de aproximadamente 72 dB(A).

Para utilizar o gráfico da **Figura 6-72**, trace uma linha paralela às linhas inclinadas partindo do valor conhecido em dB(A) no eixo vertical até a linha vertical da distância especificada. Em seguida, trace uma linha horizontal até o eixo vertical e determine o novo valor em dB(A).

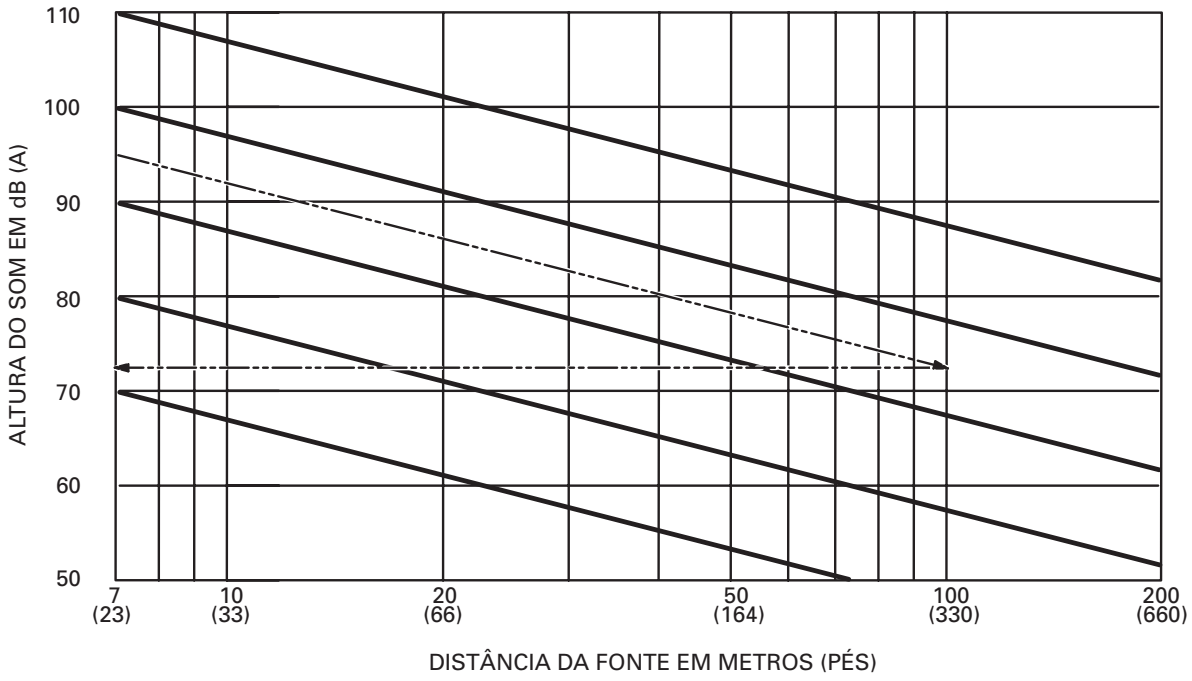


Figura 6-72. Redução da intensidade do som em função do aumento da distância até a fonte (em um "campo aberto").

Ruídos produzidos por um grupo gerador

As instalações de grupos geradores estão sujeitas a problemas relacionados com ruídos, devido aos elevados níveis de ruído produzidos por grupos geradores em funcionamento. Por este motivo, foram estabelecidas normas e padrões para proteger pessoas que estejam próximas contra esses níveis indesejáveis de ruídos.

Em geral, os níveis de ruído exigidos no perímetro de uma edificação ou instalação devem estar entre pouco mais de 60 dB(A) e pouco menos de 50 dB(A) (dependendo da hora do dia), enquanto os níveis de som produzidos por um grupo gerador "sem isolamento acústico" podem chegar a 100 dB(A). O ruído produzido por um grupo gerador pode ser amplificado pelas condições do local da instalação, ou a intensidade do ruído já existente no local da instalação pode ser muito elevada e fazer com que o acréscimo do ruído produzido pelo grupo gerador ultrapasse os limites máximos permitidos. Isto seria um impedimento para que o grupo gerador possa funcionar conforme suas especificações e desempenho. Para que se possa medir com precisão o nível de ruído de uma fonte qualquer, o ruído gerado por ela deverá ser 10 dB(A) maior que o ruído no ambiente ao seu redor.

A intensidade do ruído produzido por um grupo gerador no perímetro de uma edificação pode ser facilmente determinado caso o grupo gerador esteja instalado num ambiente do tipo "*campo aberto*". Em um ambiente do tipo "*campo aberto*", não existem paredes ou objetos para refletir e amplificar o ruído produzido pelo grupo gerador. Portanto, a intensidade do ruído obedece à regra de redução de 6 dB(A) para cada vez que a distância é multiplicada por dois. Caso o perímetro da edificação esteja dentro do "*campo vizinho*" de um grupo gerador, a intensidade do ruído não poderá ser prevista teoricamente com tanta facilidade. A região denominada de "*campo vizinho*" corresponde à região distante até duas vezes a maior dimensão da fonte do ruído,.

A presença de paredes próximas (que podem refletir o som) e de outras superfícies amplificam a intensidade do ruído que alteram a forma como ele pode ser percebido por um ser humano. Por exemplo, caso um grupo gerador seja instalado junto a uma parede com superfície sólida, a intensidade do ruído perpendicular à parede será aproximadamente duas vezes a intensidade esperada do som do grupo gerador num ambiente do tipo "*campo aberto*" (p.ex.: um grupo gerador funcionando com uma intensidade de ruído de 68 dB(A) deverá produzir um ruído de 71 dB(A) próximo de uma parede refletora). A instalação do grupo gerador no canto de um recinto pode amplificar ainda mais o nível do ruído percebido.

Em geral, as leis e regulamentos sobre a emissão de ruídos são criadas como conseqüência de reclamações das pessoas que, por algum motivo, necessitem ficar próximas às fontes de ruído. O alto custo de uma reforma no local da instalação para reduzir os níveis de ruído é um incentivo para que haja uma maior preocupação com as especificações e exigências quanto ao desempenho sonoro de uma instalação para um grupo gerador desde o início do projeto e, que, sejam tomadas as devidas providencias "*economicamente viáveis*" durante instalação para que o equipamento seja provido com os recursos necessários para atenuação dos níveis de ruído.

A **Tabela 2-2** (no capítulo 2 deste manual), apresenta uma lista com os valores "médios" correspondentes às intensidades de ruídos externos em diferentes locais (áreas urbanas, sub-urbanas, residenciais, industriais, etc.).

Redução de ruídos transmitidos por estruturas prediais

Qualquer estrutura que esteja em movimento vibratório é capaz de criar ondas de pressão sonora (ruído) no ar ao seu redor. As conexões estruturais de um grupo gerador podem causar vibrações na estrutura da edificação onde o mesmo se encontra instalado, gerando ruídos. Em geral, estas "conexões estruturais" incluem os elementos de fixação do chassi, o duto de descarga de ar do radiador, a tubulação de escape, a tubulação do líquido de arrefecimento, as tubulações de combustível e os conduítes para a fiação. Além disso, as paredes do gabinete de um grupo gerador também podem vibrar e gerar ruído. Na **Figura 6-1** é apresentado um exemplo de como minimizar a transmissão de ruídos através de estruturas por meio de um isolamento adequado.

A montagem de um grupo gerador sobre isoladores de vibração do tipo "mola amortecedora" pode reduzir eficientemente a transmissão de vibrações. O procedimento para o isolamento de vibrações é descrito no ítem "Isoladores de Vibração", no início deste capítulo.

O uso de conexões flexíveis para o tubo de escape, duto de ar, linhas de combustível, tubo do líquido de arrefecimento (para sistemas equipados com radiador ou trocador de calor remoto) e conduítes da fiação elétrica podem reduzir de forma eficiente a transmissão de vibrações. Todos os tipos de aplicação para um grupo gerador exigem o uso de conexões flexíveis.

Redução de ruídos que se propagam pelo ar (som) ou produzidos por deslocamentos de ar

Os ruídos produzidos por deslocamentos de ar possuem uma característica direcional e, em geral, são mais aparentes na extremidade alta da faixa de freqüências sonoras.

- A maneira mais simples de tratar do problema é direcionar o ruído, como o que é produzido na saída do radiador ou na saída do escapamento para longe dos receptores. Por exemplo, o ruído pode ser dirigido verticalmente para o alto, de modo que as pessoas ao nível do solo não fiquem no caminho do som.
- As barreiras posicionadas ao longo da linha de visão são eficazes no bloqueio de ruídos. As barreiras feitas com materiais densos, como o concreto, blocos preenchidos com cimento ou tijolos são as mais indicadas. Elimine quaisquer passagens para o som através de brechas nos pontos de acesso, tais como os vãos das portas de acesso e demais aberturas de acesso à sala (ou gabinete), aberturas para o escape, aberturas para entrada de combustível ou aberturas para a fiação elétrica.
- Existem isolantes acústicos (materiais que absorvem o som) que podem ser utilizados como revestimento para os dutos de ar e para cobrir paredes e telhados. Além disso, forçar o ruído a se propagar em uma curva de 90 graus dentro de um duto pode reduzir os ruídos de alta freqüência. Direcionar o ruído contra uma parede revestida com material isolante acústico pode também ser muito eficaz. Fibra de vidro ou espuma podem ser utilizados como materiais isolantes acústicos adequados em termos de custos, disponibilidade, densidade, retardo na propagação de chamas, resistência à abrasão, estética e facilidade de limpeza. Devem ser selecionados materiais que resistam quimicamente à ação do óleo e de outros contaminantes produzidos no motor.
- Um compartimento construído com blocos de concreto pode ser uma barreira excelente contra todos os ruídos. Os blocos de concreto podem ser preenchidos com areia para aumentar a massa das paredes e aumentar a atenuação dos ruídos.
- O posicionamento de radiadores remotos pode ser utilizado para limitar o fluxo de ar e para dirigir a fonte de ruído do ventilador do radiador para um local onde incomode menos para as pessoas próximas ao equipamento. As instalações equipadas com radiador remoto podem ser utilizar ventiladores de baixa rotação para reduzir o ruído produzido pelo conjunto.

Carenagens (gabinetes) equipadas com atenuação ou isolamento de som

Grupos geradores instalados no interior de uma edificação podem ser equipados com uma carenagem integrada para atenuação do som (ruídos). Estas carenagens formam um “pequeno recinto” ao redor do grupo gerador e podem reduzir eficientemente a intensidade dos ruídos produzidos pelo equipamento.

Em geral, o preço de uma carenagen está diretamente relacionado à sua capacidade de atenuação sonora. Portanto, quanto maior for a atenuação sonora, maior será o preço da carenagem (gabinete). Não é raro o custo de uma carenagem ser quase o mesmo que o custo do grupo gerador.

Também é preciso lembrar que pode haver um “custo” (uma redução) em relação ao “desempenho” de um grupo gerador para que seja instalado um isolamento para atenuação de altos níveis de ruídos. Os grupos geradores equipados com atenuação de som devem ser testados cuidadosamente para determinar se o sistema de ventilação está proporcionando um arrefecimento adequado e se o grupo gerador apresenta um desempenho adequado durante a aceitação de carga.

NOTA: *É preciso ter cuidado ao se avaliar o desempenho de um sistema de arrefecimento para o qual a sua capacidade é determinada com base na temperatura ambiente e não na temperatura ar no radiador. A classificação de um equipamento baseada na temperatura do ar no radiador impõe restrições à temperatura do ar que flui pelo radiador e não permite o aumento da temperatura do ar causado pela energia térmica iradiada pelo motor e pelo alternador. Um sistema de arrefecimento que utiliza como referência a temperatura ambiente leva em consideração este aumento de temperatura no controle de sua capacidade de arrefecimento.*

Desempenho do silencioso do escapamento

Normalmente, os grupos geradores são equipados com um silencioso no escapamento para reduzir os ruídos produzidos pelo escapamento da máquina. Os modelos de silenciosos existentes no mercado apresentam uma ampla variedade de tipos, configurações físicas e de materiais utilizados em sua fabricação.

Em geral, os silenciosos são divididos em duas categorias de dispositivos: os do tipo câmara ou os do tipo espiral. Os dispositivos do tipo câmara podem até ser mais eficientes, todavia, os silenciosos do tipo espiral são mais compactos e podem ter o seu desempenho ajustado conforme o tipo de aplicação.

Os silenciosos podem ser construídos em aço “laminado a frio” ou em aço inoxidável. Os silenciosos fabricados com aço “laminado a frio” são mais baratos, todavia são mais susceptíveis à corrosão do que os silenciosos fabricados com aço inoxidável. Para aplicações onde o silencioso é montado em ambientes internos e protegido com um isolamento térmico para limitar a dissipação do calor, os silenciosos fabricados com aço “laminado a frio” apresentam uma pequena vantagem em relação sobre os fabricados com aço inoxidável.

Os silenciosos podem ser fornecidos numa das seguintes configurações físicas:

- Entrada em uma das extremidades e saída em outra das extremidades. Esta é, provavelmente, a configuração mais comum.
- Entrada por uma das laterais e saída em uma das extremidades. Esta configuração é utilizada freqüentemente para ajudar a reduzir as especificações relativas à altura do teto para o recinto de um grupo gerador.
- Entrada por duas laterais e saída em uma das extremidades. Esta configuração é utilizada nos motores em “V” para eliminar a necessidade de um espaço (vão) muito grande entre o teto do recinto e o topo do escape do grupo gerador, permitindo assim reduzir as especificações relativas à altura do teto para o recinto de um grupo gerador.

Os silenciosos são fornecidos em diversas “graduações” de atenuação de ruídos. Em geral, estas “graduações” são denominadas como: industrial, residencial e crítica. Observe que o escape de um grupo gerador pode não ser a maior fonte de ruído do equipamento. Caso o ruído mecânico de um grupo gerador seja significativamente maior que o ruído do escape, a escolha de um silencioso com maior desempenho poderá não reduzir de modo considerável o nível do ruído no local.

Em geral, quanto mais eficiente for um silencioso para a redução dos ruídos do escape do grupo gerador, maior será o nível de restrição (“obstrução”) aos gases de escape do motor. Para sistemas equipados com escapes muito longos, o próprio tubo de escape poderá proporcionar alguma atenuação para os ruídos.

Valores típicas para as atenuações sonoras de silenciosos:

- Silenciosos industriais: 12-18 dB(A);
- Silenciosos residenciais: 18-25 dB(A);
- Silenciosos críticos: 25-35 dB(A).

Proteção contra incêndios

O projeto, a escolha e a instalação de sistemas de proteção contra incêndios estão além do escopo deste manual devido à ampla gama de fatores a serem considerados, como a ocupação da edificação, normas técnicas e a eficiência dos diversos sistemas de proteção contra incêndios.

Entretanto, considere os seguintes fatores:

- O sistema de proteção contra incêndios deve atender as exigências das autoridades locais, como o fiscal de obras, o comandante do corpo de bombeiros ou o agente de seguros.
- Grupos geradores utilizados em aplicações do tipo "Energia de Emergência" ou "Standby" devem ser protegidos contra incêndios por meio da escolha de sua localização ou pelo uso de materiais de construção resistentes a incêndios para o recinto do grupo gerador. Em algumas regiões, o projeto para a construção do recinto de um grupo gerador em locais considerados necessários para assegurar a integridade física ou proteger a vida de pessoas, deve prever uma capacidade de resistência de duas horas a incendios[27,28]. Em algumas regiões, também se exige a instalação de um hidrante para proteção contra incêndios. Também deve ser considerada a possibilidade de se instalar portas corta-fogo ou anteparos contra incêndios no recinto do grupo gerador.

  O recinto do grupo gerador também deve ser ventilado adequadamente para evitar a concentração de gases do escape ou de gás combustível inflamável na eventualidade de um incêndio.
- O recinto do grupo gerador não deve ser usado para fins de armazenamento de qualquer tipo de produto.
- O recinto do gerador não deve ser classificado como "local perigoso" (conforme a definição estabelecida pela NEC) somente por causa da presença do combustível do motor no interior do recinto.
- Em geral, as autoridades locais costumam classificar um grupo gerador como uma aplicação com "baixa emissão de calor" quando este equipamento é usado por breves períodos de tempo, mesmo que a temperatura dos gases de escape possa ultrapassar o valor de 538°C (1000°F). Nos locais onde a temperatura dos gases de escape excede o valor de 538°C (1000°F), alguns motores diesel e a maioria dos motores a gás podem ser classificados como aplicações com "alta emissão de calor" e podem exigir o uso de sistemas de escape específicos para operação à temperaturas de 760°C (1400°F). Consulte o fabricante do motor para informações mais detalhadas sobre as temperaturas de escape.
- As autoridades locais podem especificar a quantidade, o tipo e as capacidades (tamanhos) dos extintores de incêndio portáteis aprovados e exigidos para serem instalados no recinto do grupo gerador.
- Uma "estação de parada manual de emergência" instalada fora do recinto do grupo gerador, ou em um local remoto em relação ao recinto do grupo gerador, alojada em um gabinete externo, deve facilitar o desligamento do grupo gerador na eventualidade de um incêndio ou de algum outro tipo de emergência.
- Em geral, os sistemas de combustível líquido têm o seu volume de armazenamento no interior de uma edificação limitado a 2498 litros (660 galões) . Entretanto, as autoridades locais podem impor restrições muito mais rigorosas quanto ao volume de combustível que pode ser armazenada dentro de uma edificação. Além disso, podem ser feitas algumas exceções para permitir o uso de quantidades maiores de combustível dentro do recinto de um grupo gerador, especialmente se o recinto foi projetado adequadamente e provido com sistemas de proteção contra incêndios.
- Os tanques de combustível localizados no interior de edificações e localizados acima do andar mais baixo ou acima do porão devem ser protegidos por um dique de contenção, segundo as normas técnicas NFPA e leis relativas à proteção do meio ambiente.
- O grupo gerador deve ser testado periodicamente, conforme o recomendado, com pelo menos 30% de sua carga até atingir temperaturas estáveis de operação. O equipamento também deve ser colocado em funcionamento com uma carga de valor próximo à sua carga plena pelo menos uma vez por ano para evitar acúmulo de combustível no sistema de escape.

27) NOTA SOBRE A NORMA: Nos Estados Unidos da América, a norma NFPA110 exige que os grupos geradores utilizados em sistemas de emergência classificados com "Nível 1" sejam instalados em um recinto com uma capacidade resistência a incêndios de 2 horas. É permitido que outros sistemas de emergência possam ter uma capacidade de resistência a incêndios de apenas 1 hora.

28) NOTA SOBRE A NORMA: No Canadá, a norma CSA282-2000 exige que o recinto do grupo gerador tenha uma capacidade de resistência a incêndios de 1 hora, para proteger os sistemas de energia de emergência instalados em edificações.

Projeto do recinto do equipamento

Considerações gerais

Os grupos geradores devem ser instalados de acordo com as instruções fornecidas pelo seu fabricante e de acordo com as normas técnicas e padrões aplicáveis.

Diretrizes gerais para o projeto do recinto:

- A maioria dos projetos de instalação de grupos geradores exige que hajam entradas de acesso de serviço em ambos os lados do motor e na extremidade onde se localizam o painel de controle e o alternador. As normas técnicas locais referentes ao uso da eletricidade e/ou equipamentos elétricos podem exigir que hajam locais específicos destinados aos trabalhos de reparo e/ou manutenção do grupo gerador. Todavia, em geral, as normas técnicas permitem que se utilizem áreas de trabalho com a mesma largura que a do grupo gerador, em ambos os lados do equipamento e também na sua parte posterior.
- A localização do sistema de combustível ou dos componentes do sistema de distribuição de eletricidade pode exigir haja um espaço adicional para trabalhos de reparos e manutenção. Para informações mais detalhadas, consulte as especificações técnicas do equipamento referentes ao suprimento de combustível, neste capítulo.
- Deve haver uma entrada de acesso para o recinto do grupo gerador (ou ao seu gabinete, no caso do grupo gerador estar instalado fora de uma edificação) que permita que os componentes de maior tamanho do equipamento possam ser removidos (geralmente o motor). O acesso pode ser feito através de portas ou através dos “defletores removíveis“ para admissão de ar ou para o escape. Um projeto ideal deve permitir a movimentação de todo o grupo gerador como um conjunto monolítico por todo o recinto do equipamento.

Instalações sobre o teto

Com os custos da construção civil cada vez mais elevados, está se tornando mais comum instalar grupos geradores nas coberturas das edifícios. Isto pode ser feito com sucesso caso a estrutura do edifício possa suportar o peso do grupo gerador e de todos os componentes associados. Veja a seguir algumas das vantagens e desvantagens oferecidas por este tipo de instalação.

Vantagens

- Disponibilidade ilimitada de ar para a ventilação do sistema;
- Nenhuma (ou pouca) necessidade de se utilizar dutos de ventilação;
- Escapamentos mais curtos;
- Menos problemas relacionados à emissão de ruídos (mesmo assim, a instalação ainda pode exigir o uso de um gabinete para atenuação de som);
- Poucas limitações de espaço;
- O grupo gerador fica isolado de outras àreas de serviço onde são efetuadas as tarefas normais. Isto proporciona uma confiabilidade mais elevada para o equipamento.

Desvantagens

- A estrutura do teto poderá necessitar de um reforço estrutural para suportar o peso do grupo gerador;
- A instalação do equipamento na cobertura poderá ser encarecida (por exemplo, devido ao aluguel de uma grua para suspender o equipamento ou então pela desmontagem e posterior remontagem no teto);
- Restrições impostas por normas técnicas;
- Necessidade da utilização de cabos de energia (potência) mais longos;
- Capacidade limitada para o armazenamento do combustível no grupo gerador, pois o suprimento de combustível (e possivelmente o seu retorno até o tanque principal) deverá ser feito utilizando uma tubulação que passe por dentro da edificação;
- Maior dificuldade para se executar de serviços de manutenção e reparos no grupo gerador.

  Nota: *Mesmo que o grupo gerador esteja montado no telhado, deve-se tomar cuidado com os gases de escape do motor para evitar que haja a contaminação do ar que entra pelos dutos utilizados para refrigeração do edifício, ou de locais adjacentes. Para mais informações consulte o ítem “Diretrizes Gerais de Ventilação”, nesta seção .*

Recomenda-se que os grupos geradores que apresentem algum tipo de limitação de acesso para serviços de reparos ou manutenção sejam equipados com uma conexão para um banco de carga dentro do sistema de distribuição do edifício. Isto deve permitir que os bancos de carga sejam temporariamente conectados em um local conveniente. Caso contrário, a dificuldade para conectar um banco de carga poderá prejudicar ou até mesmo impedir o teste adequado do grupo gerador.

APÊNDICE A

APÊNDICE A..... 227
Dimensionamento de grupos geradores com o software GenSize 227
Descritivo 227
Aplicativos 227
Instalando o Power Suite..... 228
Parâmetros de Projeto 228
Número de grupo geradores (Running in parallel) 228
Carga/capacidade mínima do grupo gerador (Minimum Genset load capacity)..... 229
Queda máxima de tensão - Partida e Pico (Maximum voltage dip - Starting e peak)..... 229
Queda máxima de freqüência (Maximum frequency dip)..... 229
Altitude e temperatura ambiente (Altitude and ambient temperature)..... 230
Atenuação de ruídos (Sound attenuation)..... 230
Elevação máxima da temperatura do alternador..... 230
Combustível (Fuel) 230
Freqüência (Frequency) 230
Fase (Phase)..... 230
Tipo de serviço ou aplicação (Duty) 230
Tensão (Voltage)..... 231
Especificação dos valores das cargas no software GenSize..... 231
Definição de termos 233
Especificações para operação de cargas (Operação de alimentação estável de cargas individuais)..... 233
Requisitos para a partida de carga (Partida de cargas individuais) 233
Requisitos para a partida de carga de passo transiente (Carga combinada em cada aplicação de carga de passo)..... 233
Requisitos para a partida de carga de pico de transiente (Valor combinado para todas as cargas que exigem potência de operação aleatória de pico) 233
Cálculos detalhados para as cargas 234
Cálculos para cargas leves 234
Cálculos para cargas correspondentes à equipamentos de ar-condicionado..... 234
Cálculos de cargas para equipamentos carregadores de baterias 235
Cálculos de cargas para equipamentos médicos de processamento de imagens..... 235
Cálculos de cargas para motores elétricos 236
Cálculos das cargas correspondentes à bombas de combate à incêndios..... 237
Cálculos de cargas correspondentes à equipamentos do tipo UPS 238
Cálculos para cargas diversas 239
Cálculos de carga para equipamento de soldagem 239
Cálculos gerais para cargas em tomadas de força 239
Cálculo de cargas definidas pelo usuário..... 239
Entrada dos dados referentes às cargas na pasta “Step” do software 240
Considerações sobre as etapas de ativação das cargas 241
Diretrizes para a definição de uma seqüência de etapas para ativação de cargas 241
Recomendações e relatórios 242
Potência Nominal Local, Standby (Prime), em kW..... 242
Potência nominal máxima do alternador do Local - Elevação de Temperatura (“Site Rated Alternator Max kW - Temperature Rise”)..... 242

Potência nominal máxima do alternador do Local - Elevação de Temperatura (“Site Rated Alternator Max kVA - Temperature Rise”)..... 242
Potências Nominais Máximas do Local, SkW e SkVA (“Site Rated Max SkW and Max SkVA”)..... 245
Elevação da temperatura em carga plena (“Temperature elevation at full load”)..... 245
Excitação (“Excitation”)..... 245
Relatórios..... 246

APÊNDICE A

Dimensionamento de grupos geradores com o software GenSize™

- **Descritivo**
- O GenSize™ é um software (disponível no CD Power Suíte, distribuído pela Cummins Power Generation) utilizado para o dimensionamento adequado de grupos geradores em aplicações do tipo “Standby” ou “Energia Prime”. Todas as informações necessárias para a seleção e aquisição da configuração mais adequada de um grupo gerador, disponível em seu distribuidor local, são fornecidas pelo conjunto de recomendações geradas por este software.
- Na biblioteca digital (“CD Library”) incluída no CD do Power Suite, também podem ser encontradas e impressas listagens contendo informações comparativas entre os diversos produtos disponíveis. Estas informações são necessárias para dimensionar corretamente um sistema de geração de energia. As informações contidas neste CD incluem: “Folhas de Especificações Técnicas” de grupos geradores (“*Technical Data Sheets*”), informações para o suporte técnico (dados técnicos sobre o alternador, informações técnicas sobre as emissões de gases de escape do grupo gerador, dados técnicos sobre a acústica do grupo gerador, resumos de procedimentos de testes para “prototipagem”, da instalação do grupo gerador e ilustrações técnicas (diagramas preliminares, diagramas esquemáticos, diagramas elétricos e diagramas para instalação de acessórios).
- Com o GenSize é possível criar, salvar, acessar, modificar e excluir informações técnicas sobre o projeto de um sistema de geração de energia. As informações sobre as cargas podem ser copiadas e coladas em um ou mais projetos. O GenSize efetua projetos para a maioria dos tipos de carga existentes, incluindo diversos tipos de sistemas de iluminação, HVAC, carga de baterias, UPS, motores, bombas hidráulicas para combate a incêndios e cargas para aplicações genéricas. Há uma seção do software na qual pode ser incluída uma carga cujas características são definidas pelo usuário, geralmente utilizada para a entrada de dados sobre cargas com características específicas ou singulares. O GenSize permite simular corretamente as cargas de equipamentos de solda, cargas cíclicas e cargas de equipamentos médicos de imagem (para os quais os picos de carga ocorrem depois da partida de todas as cargas alimentadas pelo grupo gerador, e não durante a seqüência de partida).
- *NOTA: Caso o GenSize seja utilizado para dimensionar o grupo gerador de algum outro fabricante que não seja a Cummins Power Generation, é preciso estar levar em conta o fato de que os grupos geradores de outros fabricantes, mesmo que tenham a mesma potência (kW), podem não ser adequados para uma determinada aplicação devido às diferenças de desempenho. O projetista de um sistema de energia pode minimizar os riscos inerentes à uma situação deste tipo especificando um grupo gerador que tenha valores semelhantes para determinadas características, tais como: elevação de temperatura do alternador, reatância subtransiente do alternador para cada unidade, presença de harmônicos na tensão de saída e desempenho de transiente do governador.*
- Além de ser uma ferramenta que permite a visualização de dados técnicos sobre o desempenho de um grupo gerador, o GenSize inclui uma interface gráfica de fácil utilização e que permite a entrada de informações técnicas sobre as cargas conectadas ao grupo gerador, a seqüência de etapas para a partida das cargas e informações técnicas sobre parâmetros do próprio grupo gerador. Embora não haja um manual específico para o GenSize, os arquivos de Ajuda contidos no aplicativo são suficientes para orientar o usuário na utilização do aplicativo.
- *Aplicativos:* Há quatro softwares aplicativos incluídos no Power Suite: GenSize, Library, GenCalc e GenSpec.
- No aplicativo GenSize, o projeto de instalação é exibido como um todo no lado esquerdo da tela do computador e no lado direito da tela é exibido o conteúdo detalhado sobre qualquer componente específico selecionado no lado esquerdo. Isto corresponde ao núcleo do aplicativo, no qual as cargas e as seqüências de acionamento são apresentadas e definidas.
- O aplicativo Library (“Biblioteca de Dados”) permite ao usuário explorar dados e especificações técnicas sobre um produto específico, desenhos técnicos de aplicações e outras informações pertinentes, além de integrar todos os dados em um relatório de projeto. O aplicativo Library pode ser acessado através do CD de conteúdo do aplicativo Library. O CD de conteúdo do aplicativo Library pode ser copiado para a unidade de disco rígido de um micro-computador para facilitar o acesso.

- O aplicativo GenCalc inclui um módulo para o Cálculo da “Curva de Decremento” dos alternadores utilizados nos grupos geradores Cummins. Este aplicativo foi desenvolvido para permitir a inclusão de módulos que venham a ser desenvolvidos no futuro para auxiliar o usuário em projetos de sistemas de escape e sistemas de combustível, bem como outras características dos sistemas de geração de energia.
- O aplicativo GenSpec contém documentos no formato Windows Word com exemplos de especificações técnicas de projetos para grupos geradores, especificações técnicas de equipamentos de paralelismo para grupos geradores e especificações técnicas sobre comutadores de transferência.
- Demais informações sobre estes aplicativo podem ser obtidos nos arquivos de Ajuda contidos no GenSize.
- *Instalando o Power Suite:* Insira o CD Power Suite na unidade de CD-ROM e siga as instruções de instalação do software exibidas na tela, ou clique em Iniciar/Executar na área de trabalho do Windows, selecione a unidade de CD ROM apropriada e execute o arquivo Setup.exe. O software GenSize foi projetado para ser executado em um ambiente de sistema operacional Windows NT, 95, 98, ou 2000. A função de navegação do CD Library foi otimizada para o Internet Explorer 5.0 e Adobe Acrobat 4.0 (incluído no CD). Depois de feita a instalação, será exibida uma caixa de diálogo *New Projetct – Select New Project* (Novo Projeto – Selecionar Novo Projeto).

• Parâmetros de Projeto

- O primeiro passo ao dimensionar e selecionar um grupo gerador é estabelecer os parâmetros do projeto. No mínimo, o grupo gerador deve ser dimensionado para atender às especificações de consumo, com carga máxima, de todos os equipamentos conectados ao grupo gerador, e com alimentação estável durante a partida.
- Para definir os parâmetros “padrão” de um projeto, selecione *Projects* (Projetos) na barra de ferramentas, *New Project Default Parameters* (Parâmetros Padrão de Novo Projeto) na parte inferior do menu que for aberto. A caixa de diálogo exibida, **Figura A-1**, apresenta os Parâmetros de Novo Projeto que são aplicados a todos os novos projetos, e que podem ser alterados de acordo com as preferências do usuário. Os parâmetros para um único projeto, ou um projeto existente, podem ser modificados sem que haja a necessidade de se alterar os parâmetros “padrão”, destacando o nome do projeto e então selecionando-se os ítems de menu: *Projects, Edit* (Projetos, Editar) e então o item que abre a pasta com os parâmetros.
- Veja a seguir uma apresentação dos parâmetros de projeto e os valores padrão de entrada apresentados na caixa de diálogo.
- *Número de grupos geradores (Running in parallel):* O valor padrão é 1. Caso a carga total que será consumida seja maior que a capacidade de um único grupo gerador, insira 2, 3, ou mais conforme seja apropriado. Caso a carga total seja maior que 1000 kW, pode ser vantajoso conectar os grupos geradores em paralelo para se obter maior confiabilidade e flexibilidade durante a operação. Contudo, se a carga total for igual ou inferior a 300 kW, não é economicamente viável conectar grupos geradores em paralelo - embora isto seja tecnicamente possível.

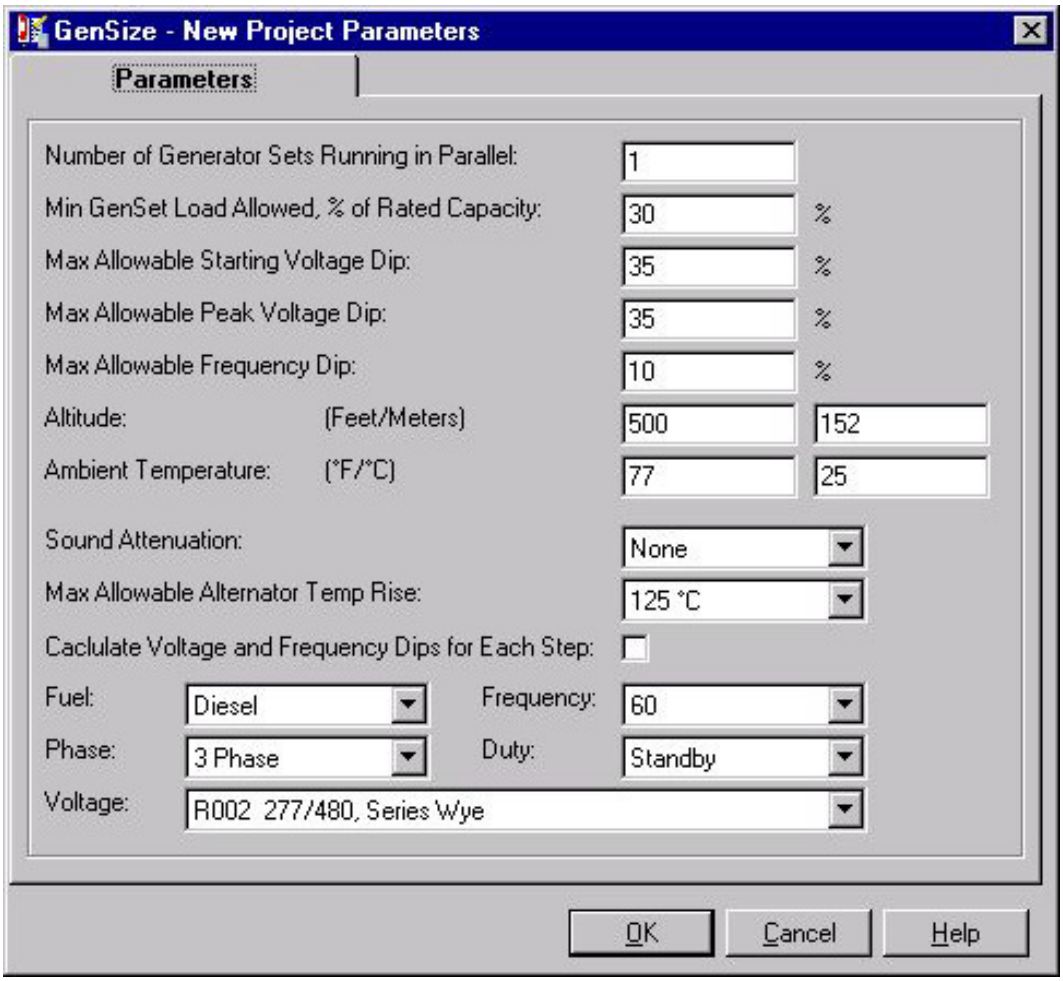


Figura A-1. Caixa de diálogo GenSize - Parâmetros de “Novo Projeto”.

Carga/ capacidade mínima do grupo gerador *(Minimum Genset load capacity)*: Operar um grupo gerador sob carga leve pode resultar em danos ao motor e reduzir a confiabilidade do grupo gerador. A Cummins Power Generation não recomenda a utilização de grupos geradores com menos de 30% de sua carga nominal - este valor corresponde ao ajuste padrão do GenSize. Devem ser utilizados “bancos de carga” para complementar o valor total das cargas regulares sempre que a carga total for menor que o valor recomendado. Um grupo gerador não deve jamais ser colocado em funcionamento com menos de 10% de sua carga nominal por um longo período de tempo.

Queda máxima de tensão - Partida e Pico (*Maximum voltage dip - Starting and peak*): Quando o valor permitido para a queda máxima de tensão durante a partida inicial é reduzido, quando as cargas são acionadas de modo intermitente por meio de sistemas automáticos de controle ou quando as cargas apresentam elevados picos de consumo de energia, recomenda-se que seja selecionado um grupo gerador cuja capacidade seja mais elevada. Para que ocorram quedas menores de tensão é necessário que se utilize um grupo gerador com maior capacidade. Por outro lado, permitir que o sistema possa ser submetido a quedas de tensão maiores que 40% pode resultar em falhas dos relés e dos contatores. O valor para a “Queda Máxima de Tensão” estabelecida como padrão no GenSize é 35%.

Queda máxima de freqüência *(Maximum frequency dip)*: Quando se especifica um valor para a queda máxima de freqüência, o usuário faz com que o sistema recomende um grupo gerador com capacidade mais elevada. grupo gerador é uma fonte de energia “limitada” (se comparado à rede elétrica), as oscilações de tensão e freqüência ocorrem durante eventos do tipo “cargas transientes”. O grupo gerador deve ser dimensionado para limitar o valor destas oscilações a valores apropriados conforme o desempenho esperado da carga. O valor padrão para a “Queda Máxima de Freqüência” no GenSize é 10%. Este valor talvez precise ser reduzido no caso da alimentação de cargas sensíveis a variações de freqüência, tais como sistemas UPS. Consulte o fabricante do UPS para obter

informações mais detalhadas sobre a sensibilidade do sistema em relação às oscilações de freqüência quando estiverem sendo supridos por um grupo gerador utilizado numa aplicação do tipo “Standby”.

Altitude e temperatura ambiente *(Altitude and ambient temperature)*: Dependendo da localização geográfica e da altitude, o software pode recomendar que a capacidade do grupo gerador seja aumentada progressivamente para níveis de desempenho mais elevados a medida em que a altitude e/ou a temperatura ambiente no local da instalação aumentem. Os valores “padrão” para altitude e temperatura ambiente são respectivamente de 500 pés (152 m) de 77°C 25°C).

Atenuação de ruídos *(Sound attenuation)*: O ajuste padrão o software para o cálculo de atenuação de ruídos é “None” (ou seja, nenhuma atenuação de ruídos). Mas é possível selecionar a opção de grupo gerador “Silencioso” (“Quiet Site”). As unidades denominadas “Quiet Site” possuem atenuadores de som especiais para o escape, um gabinete em chapa de metal com isolamento acústico para atenuação de ruídos e/ou abafadores para admissão e saída de ar para ventilação. Nem todos os modelos de grupo gerador são fornecidos com a configuração “Quiet Site”. Quando é selecionado um modelo de grupo gerador que tenha como opcional de atenuação de ruídos, as recomendações fornecidas pelo GenSize estarão limitadas às configurações “standard” da fábrica. Todavia, é necessário consultar o distribuidor local para se obter maiores informações sobre outras opções para atenuação de ruídos.

Elevação máxima da temperatura do alternador *(Maximum alternator temperature elevation)*: Para os enrolamentos do alternador, é possível especificar uma elevação máxima de temperatura (ou seja, o quanto a temperatura do alternador pode ser superior à temperatura ambiente) de 40°C (104°F). O software GenSize apresentará uma lista com as recomendações para configurações de motor-alternador que limitem a elevação de temperatura do alternador até o valor especificado, durante o processo normal de funcionamento do grupo gerador conectado às cargas especificadas na entrada de dados para os cáculos. Recomenda-se utilizar alternadores que apresentem uma menor elevação de temperatura nas aplicações nas quais há uma grande quantidade de cargas não-lineares conectadas ao grupo gerador, nas aplicações nas quais é necessária uma performance mais eficiente durante os processos de partida de motores elétricos, e nas aplicações do tipo “Energia Prime”.

O valor padrão para a elevação máxima de temperatura no software é de 125°C.

É importante lembrar que ao se escolher um alternador com menor elevação de temperatura, isso pode exigir a escolha de um grupo gerador de capacidade mais elevada.

Combustível *(Fuel)*: A especificação padrão para o combustível no software GenSize é o Diesel. Outras opções de combustíveis são: Gás Natural e Gás Propano Líquido. Existe também a opção “Qualquer Combustível” (“Any Fuel”) que permite ao GenSize comparar o desempenho de todas as opções de combustível disponíveis no mercado.

Nota: Para as especificações de combustíveis gasosos em aplicações cuja potência do grupo gerador esteja próxima ou acima de 150/140 kW, consulte um distribuidor.

Freqüência *(Frequency)*: É necessário especificar o valor da freqüência de operação no software GenSize. Os grupos geradores são configurados para as freqüências de 50 Hz ou 60 Hz. O valor padrão é 60 Hz.

Fase *(Phase)*: O software GenSize permite selecionar entre as opções de grupo gerador “monofásico” ou “trifásico”. A opção “padrão” para o tipo de tensão no software é “trifásico”. Caso seja selecionada a opção “monofásico”, será permitida somente a seleção de cargas monofásicas durante o dimensionamento do projeto pelo software. A escolha da opção “monofásico” também limita a quantidade de modelos de grupos geradores que podem ser selecionados, pois os grupos geradores de maior capacidade (potência) não estão disponíveis na versão “monofásico”. A escolha da opção “trifásico” (que corresponde à opção “default” do software) permite o uso de cargas monofásicas, todavia o software GenSize assume estas cargas monofásicas deverão ser distribuídas de modo equilibrado entre cada uma das três fases.

Tipo de serviço ou aplicação *(Duty)*: O software GenSize apresenta uma recomendação para o tipo de grupo gerador com base na sua classificação de trabalho, que pode ser “Energia Prime” ou “Standby”, efetuando o “rebaixamento da classificação” (“de-rating”) do motor devido às condições do local da instalação.

Nota: Consulte os dados técnicos do fabricante do motor para maiores informações sobre a prática de “rebaixamento de classificação” (“de-rating”) para um determinado modelo de motor. O Power Suite fornece informações sobre os produtos da Cummins Power Generation.

A opção padrão do software GenSize é “Standby”.

Para maiores detalhes sobre as classificações de sistemas e de grupos geradores, consulte a seção “Projeto Preliminar”, neste manual.

Um sistema do tipo “Energia Prime” é um equipamento cuja finalidade é ser totalmente independente do ponto de vista operacional e utilizado para gerar energia elétrica e evitar que a energia precise ser adquirida de uma empresa distribuidora. Presume-se que o grupo gerador esteja desconectado e isolado da rede pública de energia elétrica, ou que os serviços da empresa distribuidora de energia não estejam sequer disponíveis. A classificação do tipo “Energia Prime” corresponde à classificação o valor mais elevado para energia disponível, com cargas variáveis, e, com disponibilidade por um número ilimitado de horas. Esta classificação inclui uma capacidade extra mínima de sobrecarga equivalente a 10% do valor máximo correspondente às especificações para energia do tipo “Energia Prime” definida nas normas técnicas BS 5514 e DIN 6271, para os motores dos grupos geradores. Nem toda configuração de grupo gerador tem características técnicas que lhes permita ser utilizadas em aplicações do tipo “Energia Prime”.

Quando os grupos geradores são conectados em paralelo com a rede elétrica de energia elétrica por longos períodos de tempo, eles não devem ser colocados em funcionamento em condições que vão além de sua classificação de “carga básica”. Em geral, a classificação de “carga básica” de um grupo gerador apresenta parâmetros de funcionamento significativamente mais baixos do que a sua classificação para aplicações do tipo “Energia Prime”. Para informações mais detalhadas, consulte o fabricante do grupo gerador ou o distribuidor local da Cummins Power Generation.

Tensão (*Voltage*): As opções disponíveis para tensão dos grupos geradores no software GenSize dependem do valor da freqüência selecionada. As opções padrão para os valores de tensão são 277/480, para grupos geradores cuja saída de energia esteja configurada no modo “Estrela” (“Y”).

Especificação dos valores das cargas no software GenSize

A próxima e mais importante etapa no dimensionamento de um grupo gerador no software GenSize é a especificação dos tipos e as magnitudes das cargas que o grupo gerador deverá suprir. Como ocorre para a maioria das operações no GenSize, os valores das cargas podem ser inseridos através da tela de menu que se abre ao selecionar as opções: *Projects, Add New Load* (Projetos, Adicionar Nova Carga), ou utilizando-se os ícones da barra de ferramentas.

Depois de selecionado um determinado tipo de carga, é apresentada a tela com o formulário para entrada de cargas. Cada tela contendo o formulário é aberta apresentando os “valores padrão” das características das cargas e que podem ser alterados conforme a necessidade. Todas as informações requisitadas devem ser digitadas. Se houverem dúvidas sobre quaisquer dos itens, utilize o recurso de “Ajuda on-line” para obter explicações sobre o item em questão. À medida em que as características de cada uma das cargas são introduzidas, elas são apresentadas em uma listagem localizada no lado esquerdo da tela, referente ao projeto no qual está se esteja trabalhando. Selecione (utilizando o botão esquerdo do mouse) qualquer uma das cargas da listagem para que sejam exibidas as suas características operacionais, no lado direito da tela. “Clique” duas vezes com o botão esquerdo do mouse sobre o ícone de qualquer uma das cargas para abrir o formulário de entrada de dados relativos a esta carga e para editá-los.

As informações a seguir tem por finalidade ajudá-lo a compreender o significado de cada um dos parâmetros das cargas e a maneira como são calculados pelo software GenSize.

Identifique todos os tipos e magnitudes das diferentes cargas que o grupo gerador deverá suprir. Se houver mais de uma carga de um determinado tipo e tamanho, a entrada de seus parâmetros poderá ser feita de uma única vez, a menos que o usuário do software queira que cada carga tenha uma descrição diferente. A quantidade de cada um dos diferentes tipos de carga pode de ser definida na entrada de dados para as cargas ou na definição da seqüência de partida. Conforme descrito mais adiante, nesta seção, a Cummins Power Generation pesquisou as características de partida e operação de uma grande variedade de cargas dentre as mais comuns utilizadas, e incluiu valores padrão para as características destas cargas no software GenSize. Estes valores padrão para estas características podem ser utilizados da forma como estão contidos nos registros do software ou serem alterados para cargas específicas cujas características não estejam tabeladas no GenSize. Caso haja algum tipo de carga com características diferentes daquelas pré-definidas no GenSize, é possível utilizar uma carga com características do tipo “miscelânea” *(“miscelaneous load”)* para especificar os requisitos de partida e operação desta carga.

Com base nas características de cada carga, o software GenSize calcula os valores da potência de operação em kW (RkW), potência de operação em (RkVA), potência de partida em kVA (SkVA), potência de partida em kW (SkW), fator de potência para partida (SPF), potência de pico em kVA (PkVA), potência de pico em kW (PkW) e

corrente elétrica de funcionamento (Ramps). Quando o grupo gerador é utilizado para suprir cargas não-lineares, pode ser necessário superdimensionar o alternador e o software GenSize calcula o valor da potência em kW (AkW) para alternador alimentar esta carga.

É importante notar que quando são incluídas cargas monofásicas num projeto de instalação para um grupo gerador trifásico no software GenSize deve-se “presumir” que estas cargas monofásicas serão distribuídas de maneira equilibrada entre cada uma das três fases do gerador e, de fato, o software já faz esta distribuição eqüitativa de maneira automática. Portanto, as cargas monofásicas incluídas no projeto são automaticamente convertidas em “cargas trifásicas equivalentes” para permitir o dimensionamento do sistema. Com isto, a corrente de cada carga monofásica é distribuída entre cada uma das três fases, e o valor da corrente de carga monofásica é dividido por 1,73. Quando uma carga monofásica é incluída no projeto, para uma determinada aplicação que utilize um grupo gerador trifásico, o valor da corrente monofásica real é exibido na tela com o formulário de entrada de dados da carga, todavia, quando uma carga monofásica é inserida em um passo (a carga de passo é a carga equilibrada aplicada ao gerador), a corrente da carga de passo é convertida para a corrente trifásica equivalente.

Definição de termos

As seguintes abreviações são usadas no software GenSize para calcular as especificações para a partida e operação de cada uma das cargas, as especificações das cargas de passo e as especificações das cargas de pico de transiente. Essas abreviações são usadas em formulários de carga e relatórios do software aplicativo e na seguinte discussão para documentar alguns dos cálculos realizados no GenSize.

Especificações para operação de cargas (Operação de alimentação estável de cargas individuais)

- Potência em kVA de funcionamento (RkVA) – a carga quilovolt-ampères de funcionamento.
- Potência em kW de funcionamento (RkW) – a carga quilowatt de funcionamento.
- Potência em kW do Alternador (AkW) – a capacidade do alternador fornecida para compensar (superdimensionar) a distorção não-linear.
- FP de funcionamento (RPF) – o fator de potência de funcionamento com alimentação estável da carga.
- Eficiência – a relação entre energia de saída e energia de entrada.
- Corrente de Funcionamento (Ramps) – a amperagem de funcionamento para uma carga ou passo.

Requisitos para a partida de carga (Partida de cargas individuais)

- Potência em kW de partida (SkW) - quilowatts de partida de uma carga.
- Potência em kVA de partida (SkVA) - quilovolt-ampères de partida de uma carga.
- FP de Partida (SPF) – é o fator de potência da carga no momento em que ela é inicialmente energizada ou é dada sua partida.

Requisitos para a partida de carga de passo transiente (Carga combinada em cada aplicação de carga de passo)

- Potência em kW de passo máxima – a carga de passo máxima em kW (soma dos quilowatts de partida de cargas individuais (SkW)) no passo.
- Potência em kVA de Passo máxima – a carga de passo máxima em kVA (soma dos quilovolt-ampères de partida de cargas individuais (SkVA)) no passo.
- Potência em kW de passo cumulativa – a kW de passo máxima adicionada à kW de funcionamento do passo(s) anterior.
- Potência em kVA de passo cumulativa – a kVA de passo máxima adicionada à kVA de funcionamento do passo(s) anterior.
- Potência em kW de passo efetiva – a kW de passo cumulativa vezes um multiplicador para levar em conta o efeito da carga reduzida devido à tensão de saída mantida reduzida durante a carga de passo de transiente.
- Potência em kVA de passo Efetiva – a kVA de passo cumulativa vezes um multiplicador para levar em conta o efeito da carga reduzida devido à tensão de saída mantida reduzida durante a carga de passo transiente.

Requisitos para a partida de carga de pico de transiente (Valor combinado para todas as cargas que exigem potência de operação aleatória de pico)

- Potência em kW de pico (PkW) – o aumento repentino de potência em kW exigida por uma carga cíclica em sua partida, ou por outras cargas de pico como soldadores e equipamentos médicos de imagens quando são operados.
- Potência em kVA de pico (PkVA) – o aumento repentino de potência em kVA exigida por uma carga cíclica em sua partida, ou por cargas de pico como soldadores e equipamentos médicos de imagens quando são operados.
- Potência em kVA de pico cumulativa – a kVA de Pico adicionada à kVA de funcionamento de todas as outras cargas não-pico.
- Potência em kW de pico cumulativa – a kW de Pico adicionada à kW de funcionamento de todas as outras cargas não-pico.
- Potência em kW de pico efetiva – a kW de pico cumulativa vezes um multiplicador para levar em conta o efeito da carga reduzida devido à tensão de saída mantida reduzida durante a carga de pico transiente.
- Potência em kVA de pico efetiva – a kVA de pico cumulativa vezes um multiplicador para levar em conta o efeito da carga reduzida devido à tensão de saída mantida reduzida durante a carga de pico transiente.

Cálculos detalhados para as cargas

Os seguintes documentos de todos os cálculos de requisitos das cargas individuais. Os requisitos de funcionamento, partida e pico de cargas são calculados para cada carga com base em características padrão de operação assumidas conforme mostradas nos formulários de entrada das cargas individuais.

Cálculos para cargas leves

Três tipos diferentes de carga podem ser informados:

Lâmpadas fluorescentes – Uma lâmpada de descarga de mercúrio a baixa pressão em que a maior parte da luz é emitida por uma camada excitada de material fluorescente. As mesmas características de carga são usadas para descarga ou tipos eletrônicos. Ambas são cargas não-lineares, mas o GenSize ignora a não-linearidade deste tipo de carga uma vez que esta é geralmente uma pequena parte da carga total conectada.

Lâmpadas incandescentes – Conjuntos de lâmpadas de bulbo padrão, que usam um filamento para emitir luz.

Lâmpadas de descarga (HID) – Lâmpadas que produzem luz pela passagem de uma corrente através de um vapor de metal. Esta categoria inclui lâmpadas de vapor de sódio sob alta pressão, lâmpadas de vapor de haletos metálicos e lâmpadas de vapor de mercúrio.

RkW	Se kVA for informado: RkW = kVA x RPF
	Se Ramps for informado: 1Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF) ÷ 1000
	3Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF x 1.73) ÷ 1000
RkVA	Se RkW para informado: RkVA = RkW ÷ RPF
	Se Ramps for informado: 1Ø RkVA = (Ramps x tensão) ÷ 1000
	3Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF x 1.73) ÷ 1000
RPF	Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW	SkW = RkW para incandescência e fluorescência
	SkW = 0.75 x RkW para HID
SkVA	SkVA = SkW ÷ SPF
SPF	SPF = RPF, exceto para HID onde SPF padrão = 0.85
AkW	AkW = RkW
Ramps	1Ø Ramps = (RkW x 1000 ÷ (tensão x RPF)
	3Ø Ramps = (RkW x 1000 ÷ (tensão x RPF x 1.73)

Cálculos para cargas correspondentes a equipamentos de ar-condicionado

O software GenSize simplesmente converte a potência do equipamento de ar-condicionado em “toneladas” em HP permitindo dimensionar cargas do tipo ar-condicionado na proporção de 2 HP/ton como uma estimativa “conservadora” para a carga total consumida por uma unidade de menor eficiência. Caso se queira calcular esta capacidade com mais precisão e se conheça os valores das cargas individuais para o acionamento dos componentes nos equipamentos CA, estes valores devem ser digitados individualmente e calculado um fator de demanda para as cargas que provavelmente terão a partida simultânea.

(Nos Estados Unidos da América a “tonelada” é um padrão antigo para medida de energia térmica, utilizado desde a época em que foram fabricados os primeiros equipamentos de ar condicionado. Esta unidade de medida está relacionada à quantidade de gelo, em toneladas, necessária para resfriar um determinado volume de ar).

RkW	RkW = AC Tons x 2 x 0.746
RkVA	RkVA = RkW ÷ RPF
RPF	Fator de potência de funcionamento informado ou padrão do banco de dados
SkW	SkW de Alta Inércia = SkVA x SPF
	SkW de Baixa Inércia = SkVA x SPF x 0.6
SkVA	SkVA = HP x (LRkVA/HP) x fator de SkVA, onde LRkVA/HP é a kVA/HP média para a letra da Norma NEMA do motor e o fator de potência é 1.0 para partida em tensão plena ou obtido na tabela de partida em tensão reduzida (veja Método de Partida em Voltagem Reduzida).
SPF	Conforme digitado, ou valores padrão do banco de dados por HP e método de partida.

Para cargas designadas para ativar e desativar automaticamente a ciclagem:

PkW	PkW = SkW
PkVA	PkVA = SkVA
AkW	(não-VFD) AkW = RkW exceto motor de partida de contato permanente onde AkW = 2.0 x RkW a menos que seja usado um contator de desvio, neste caso AkW = RkW
AkW	(VFD) Inversor Convencional de CA: AkW = 2.0 x RkW Largura de Pulso Modulado: AkW = 1.4 x RkW
Ramps	Acionamento de CC: AkW = 2.0 x RkW 1Ø Ramps = (HP x 746) ÷ (tensão x Efic. x RPF) 3Ø Ramps = (HP x 746) ÷ (1.73 x tensão x Efic. x RPF)

Cálculos de cargas para equipamentos carregadores de baterias

Um carregador de bateria é simplesmente um equipamento que produz uma saída de tensão CC, cujo valor é regulado por meio de um SCR (retificador controlado de silício), e é utilizado para carregar baterias. É uma carga não-linear que exige o uso de um alternador superdimensionado.

RkW	RkW = RkVA x RPF
RkVA	RkVA = (kVA de Saída x Taxa de Recarga) ÷ Eficiência
RPF	Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW	SkW = RkW
SkVA	SkVA = RkVA
SPF	SPF = RPF
AkW	Para 3 pulsos, AkW = 2.5 x RkW Para 6 pulsos, AkW = 1.4 x RkW Para 12 pulsos, AkW = 1.15 x RkW Com filtro de entrada, AkW = 1.15 x RkW
Ramps	1Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ tensão 3Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ (tensão x 1.73)

Cálculos de cargas para equipamentos médicos de processamento de imagens

O software GenSize faz o cálculo (estimativa) da queda de tensão causada pelo pico de consumo de potência que ocorre sempre que um equipamento médico para processamento de imagens é colocado em funcionamento. Esta queda de tensão deve ser limitada a 10% da tensão nominal para proteger o equipamento e permitir o seu correto funcionamento durante o processamento das imagens. Caso a queda de tensão de pico de consumo de potência seja ajustada para um valor maior que 10%, nos parâmetros de ajuste do projeto, o software GenSize reduzirá automaticamente este valor e emitirá uma notificação.

O grupo gerador é dimensionado para limitar a queda de tensão a 10% da tensão nominal sempre que um equipamento médico para processamento de imagens estiver em funcionamento e “já com todas as demais cargas em funcionamento também”. Caso sejam utilizados diversos equipamentos para processamento de imagens, o software GenSize calcula a queda de tensão associada ao pico de consumo de potência é para a maior dentre as cargas e assume que apenas a maior carga estará em funcionamento.

Note que o software GenSize pressupõe que o equipamento médico para processamento de imagens não esteja em funcionamento durante os procedimentos de partida de outras cargas, sendo assim a queda de tensão de partida que é calculada com este pressuposto pode, eventualmente, exceder o valor de 10%.

RkW	Se RkVA for informado: RkW = RkVA x RPF Se Ramps for informado: 1Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF) ÷ 1000 3Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF x 1.73) ÷ 1000
RkVA	Se Ramps for informado: RkVA = RkW ÷ RPF
RPF	Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW	SkW = RkW
SkVA	SkVA = SkW ÷ SPF
SPF	SkVA = SkW ÷ SPF
PkW	PkW = PkVA x SPF

PkVA Conforme digitado, ou 1Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF) ÷ 1000
3Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF x 1.73) ÷ 1000
SPF SPF = SkVA ÷ SkW
AkW AkW = RkW
Ramps 1Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ tensão
3Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ (tensão x 1.73)

Cálculos de cargas para motores elétricos

Caso uma carga correspondente a um motor elétrico tenha o seu suprimento de energia fornecido por uma unidade controladora de velocidade ou por uma unidade de freqüência variável, ou então esta carga seja uma unidade de controle CA utilizada para acionar um motor CC, selecione a opção “Variable Frequency Drive” (VFD) (Unidade de Freqüência Variável). Uma VFD é uma carga não-linear que requer um alternador superdimensionado para atender aos requisitos desta carga quando em funcionamento.

Uma vantagem dos sistemas do tipo VFD é a sua capacidade de controlar o consumo de potência durante a partida e aceleração de um motor elétrico, permitindo que o consumo de potência seja menor que quando um motor é simplesmente conectado à rede elétrica (partida direta). O software GenSize permite a seleção de uma opção chamada “PWM” para o caso da unidade VFD ser do tipo de “Modulador de Largura de Pulso” (PWM – “Pulse Width Modulator”). Os sistemas VFD do tipo PWM permitem que o grupo gerador seja “menos superdimensionamento” do que os sistemas VFD que não são do tipo PWM.

O consumo de potência e outras especificações relativas ao superdimensionamento do gerador durante a partida de motores elétricos podem ser reduzidos caso se utilize algum tipo de sistema que permita efetuar a partida com uma tensão reduzida ou algum tipo de sistema de partida controlado por semicondutores de potência (tais como tiristores, TRIACS, etc). A utilização de dispositivos como estes pode reduzir a necessidade de superdimensionamento do grupo gerador. Todavia, é preciso ter cautela ao se utilizar qualquer um destes métodos de partida para motores elétricos, pois o torque de um motor elétrico depende da tensão que é aplicada e todos esses métodos de “partida suave” ou “partida controlada” fazem com que a tensão de partida do motor seja mais baixa. Esses métodos de partida “controlada” devem ser utilizados somente nos casos em que os motores elétricos movimentem cargas mecânicas com baixo momento de inércia ou então nos casos em que se possa constatar que o motor elétrico será capaz de produzir o torque necessário para a sua aceleração durante uma partida “controlada”.

Além do fator citado acima, esses métodos de partida “controlada” também podem produzir correntes de pico muito altas quando passam da etapa de partida do motor elétrico para a etapa funcionamento em rotação normal. Caso a transição entre estas duas etapas aconteça antes do motor alcançar uma rotação muito próxima da sua rotação normal de funcionamento pode ocorrer um pico de consumo de corrente similar ao que ocorre quando o motor é acionado simplesmente conectando-o à rede elétrica. O software GenSize pressupõe que o motor consiga atingir uma rotação próxima da sua rotação nominal antes que esta transição aconteça, descartando a ocorrência de situações espúrias nas quais há picos de corrente elétrica durante uma partida “controlada”. Caso o motor não consiga atingir uma rotação próxima à sua rotação nominal antes dessa transição, poderá ocorrer uma queda excessiva na tensão e na freqüência do grupo gerador quando estes sistemas de partida controlada forem utilizados. Caso o usuário do sistema não tenha certeza sobre como um motor equipado com sistema de partida controlada e a sua respectiva carga mecânica (carga inercial) irão reagir, deve-se considerar como se a partida do motor elétrico fosse partida direta.

Para uma partida direta (across-the-line) de motores elétricos, selecione uma carga com baixa inércia de rotação (baixo momento de inércia) caso tenha certeza de que a carga irá exigir um baixo torque de partida em baixas rotações. Isto reduzirá a demanda sobre o grupo gerador para o fornecimento de potência para a partida do motor elétrico e permitirá que se utilize em um grupo gerador de menor tamanho. Em geral, as cargas com baixa inércia de rotação (baixo momento de inércia) são os ventiladores e bombas centrífugas. Caso haja qualquer duvida sobre o momento de inércia da carga durante a entrada de dados, recomenda-se declarar cargas de alta inércia de rotação (não selecione a opção “baixa inércia” no software GenSize).

RkW Se HP for informado: RkW = (HP x 0.746) ÷ Eficiência de Funcionamento
Se kW for informado: RKW = kW de Funcionamento ÷ Eficiência
Se Ramps for informado: 1Ø RkW = (Ramp x tensão x RPF x Eficiência) ÷ 1000
3Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF x Eficiência x 1.73) ÷ 1000

RkVA RkVA = RkW ÷ RPF
RPF Fator de potência de funcionamento informado ou padrão do banco de dados
SkW SkW de Alta Inércia = SkVA x SPF
SkW de Baixa Inércia = SkVA x SPF x 0.6
SkVA SkVA = HP x (LRkVA/HP) x fator de SkVA, onde LrkVA/HP é a kVA/HP média para a letra da Norma NEMA do motor e o fator de SkVA é 1.0 para partida em tensão plena ou obtido na tabela de partida em tensão reduzida (veja Método de Partida em Voltagem Reduzida)
SPF Conforme digitado, ou valores padrão do banco de dados por HP e método de partida.

Para cargas designadas para ativar e desativar automaticamente a ciclagem:

PkW PkW = SkW
PkVA PkVA = SkVA
AkW (não-VFD) AkW = RkW exceto motor de partida de contato permanente onde AkW = 2.0 x RkW a menos que seja usado um contator de desvio, neste caso AkW = RkW.
AkW (VFD) Inversor Convencional de CA: AkW = 2.0 x RkW
Largura de Pulso Modulado: AkW = 1.4 x RkW
Acionamento de CC: AkW = 2.0 x RkW
Ramps 1Ø Ramps = (HP x 746) ÷ (1.73 x tensão x Eficiência x RPF)
3Ø Ramps = (HP x 746) ÷ (tensão x Eficiência x RPF)

Cálculos das cargas correspondentes a bombas de combate a incêndios

O software GenSize dimensionará o gerador limitando a queda de tensão de pico a 15% durante a partida de uma bomba de incêndio, com todas as outras cargas que não sejam de pico em funcionamento. Isto é feito para atender as normas norte-americanas de combate à incêndios. O grupo gerador não precisa ser dimensionado para prover a potência necessária (em kVA) para tentar acionar uma bomba cujo motor esteja com o “rotor travado” durante um período indefinido de tempo. Isto resultaria num grupo gerador superdimensionado, que apresentaria problemas de manutenção e confiabilidade por ser sub-utilizado.
Sempre que a partida de um motor utilizado em uma de bomba de combate a incêndios é efetuada utilizando-se um sistema de redução de tensão, o usuário deve dimensionar o sistema elétrico como se o motor estivesse efetuando uma partida direta (“across-the-line”), pois o controlador da bomba inclui um dispositivo semi-automático (mecânico ou elétrico) ou automático para a partida direta (“across-the-line”) da bomba em caso de falha no funcionamento do controlador de tensão. Entretanto, o GenSize não impede o uso de sistemas de redução de tensão para a partida de motores utilizados em bombas de incêndio.

RkW Se HP for informado: RkW = HP x 0.746 ÷ Eficiência de Funcionamento
Se kW for informado: RkW = kW ÷ Eficiência de Funcionamento
Se Ramps for informado: 1Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF x Eficiência) ÷ 1000
3Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF x Eficiência x 1.73) ÷ 1000
RkVA RkVA = RkW ÷ RPF
RPF Fator de potência de funcionamento informado ou padrão do banco de dados
SkW SkW de Alta Inércia = SkVA x SPF
SkW de Baixa Inércia = SkVA x SPF x 0.6
SkVA SkVA = HP x (LRkVA/HP) x fator de SkVA, onde LrkVA/HP é a kVA/HP média para a letra da Norma NEMA do motor e o fator de SkVA é 1.0 para partida em tensão plena ou obtido na tabela de partida em tensão reduzida (veja Método de Partida em Voltagem Reduzida).
SPF Conforme digitado, ou valores padrão do banco de dados por HP e método de partida.
PkW PkW = SkW
PkVA PkVA = SkVA
AkW (não-VFD) AkW = RkW exceto motor de partida de contato permanente onde AkW = 2.0 x RkW a menos que seja usado um contator de desvio, neste caso AkW = RkW
AkW (VFD) Inversor Convencional de CA: AkW = 2.0 x RkW
Largura de Pulso Modulado: AkW = 1.4 x RkW
Acionamento de CC: AkW = 2.0 x RkW
Ramps 1Ø Ramps = (HP x 746) ÷ (tensão x Eficiência x RPF)
3Ø Ramps = (HP x 746) ÷ (1.73 x tensão x Eficiência x RPF)

Cálculos de cargas correspondentes a equipamentos do tipo UPS

Um equipamento UPS estático utiliza dispositivos SCR ("retificadores controlados de silício") ou algum outro tipo de semicondutor de potência para converter uma tensão de CA para CC e efetuar o carregamento de suas baterias. Usa também um inversor de tensão para converter tensão CC em tensão CA "condicionada" para suprir uma carga (um equipamento). Um UPS apresenta características de uma carga não-linear e pode exigir que o grupo gerador seja superdimensionado. Alguns problemas de incompatibilidade entre grupos geradores e equipamentos UPS estáticos têm conduzido a muitos erros conceituais sobre o dimensionamento de grupos geradores para este tipo de carga em especial. De fato, no passado ocorreram muitos problemas de compatibilidade e, na época, a recomendação dos fornecedores de equipamentos UPS era a de superdimensionar a potência do grupo gerador numa proporção equivalente de duas a cinco vezes o valor nominal de consumo de potência do UPS. Mesmo naquela época, alguns problemas persistiram e desde então os problemas de incompatibilidade foram sendo resolvidos gradativamente pela maioria dos fabricantes de equipamentos UPS. É muito mais barato adquirir equipamentos UPS que sejam compatíveis com um grupo gerador do que utilizar um grupo gerador superdimensionado.

Caso as baterias estejam descarregadas quando um equipamento UPS for conectado a um grupo gerador, o grupo gerador deverá ser capaz de fornecer energia elétrica suficiente para o retificador carregar as baterias e para o inversor alimentar a carga conectada ao UPS. Uma segunda razão para utilizar a classificação plena do UPS é o fato de que podem ser conectadas cargas adicionais ao UPS no futuro até atingir o seu o valor nominal (especificado da sua plaqueta de dados técnicos).

Os parâmetros para o dimensionamento de cargas não-lineares utilizados pelo software GenSize baseiam-se na quantidade e magnitude dos harmônicos de tensão que um UPS pode induzir na saída de um gerador quando o UPS estiver funcionando com sua carga plena. Como os harmônicos de tensão aumentam de magnitude para cargas mais "leves", selecionar um alternador de maior capacidade pode ajudar a compensar este efeito.

Para sistemas do tipo UPS formados por conjuntos de unidades UPS redundantes, o grupo gerador deve ser dimensionado usando como referência o valor combinado das classificações nominais de cada um dos UPS. Os sistemas UPS compostos por conjuntos de unidades UPS redundantes são utilizados principalmente em situações nas quais um dos UPS deve servir como reserva de outro UPS (e vice-versa) e ambos permanecem "on-line" em tempo integral, cada um deles funcionando com 50% de sua carga nominal, ou menos.

Os equipamentos do tipo UPS costumam apresentar especificações diversificadas quanto à qualidade da energia dependendo do seu modo de operação. No momento em que um UPS é ligado e ocorre uma elevação súbita no valor da corrente elétrica através do seu retificador de tensão podem ocorrer oscilações de tensão e freqüência relativamente grandes sem que haja interrupção no funcionamento do aparelho. Todavia, quando é habilitado o modo "bypass" *("Bypass Mode")* em um UPS, tanto a freqüência quanto a tensão na rede devem ser mantidas em valores muito estáveis, caso contrário poderá ocorrer uma condição de "alarme". Esta condição ocorre caso a freqüência ou a tensão CA na entrada do UPS sofra alguma mudança repentina resultante de uma carga transiente no grupo gerador. Durante uma variação transiente na entrada de tensão de aparelhos UPS estáticos que utilizam semicondutores de potência como chaves comutadoras para o modo "bypass" com devem romper o sincronismo com a fonte de energia e desabilitar o *"bypass"*.

Nota: O modo *"bypass"* é um recurso comum em aparelhos do tipo UPS e permite que os UPS se mantenham operacionais mesmo quando submetidos a uma sobrecarga ou durante um serviço de reparo ou manutenção preventiva do UPS. Na prática o modo "bypass" é um tipo de conexão direta, ou ponte, entre a entrada e a saída de tensão do UPS.

RkW	RkW = RkVA x RPF
RkVA	RkVA = (kVA de Saída x Taxa de Recarga) ÷ Eficiência
RPF	Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW	SkW = RkW
SkVA	SkVA = RkVA
SPF	SPF = RPF
AkW	Para 3 pulsos, AkW = 2.5 x RkW
	Para 6 pulsos, AkW = 1.4 x RkW
	Para 12 pulsos, AkW = 1.1.5 x RkW
	Com filtro de entrada, AkW = 1.15 x RkW para 6 e 12 pulsos
	AkW = 1.40 x RkW para 3 pulsos
Ramps	1Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ tensão
	3Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ (tensão x 1.73)

Cálculos para cargas diversas

Veja abaixo descrições para diversos tipos de cargas e os diferentes cálculos que o software GenSize utiliza para diversos tipos de cargas classificadas como genéricas:

Cálculos de carga para equipamento de soldagem

RkW Se RkVA for informado: RkW = RkVA x RPF
Se Ramps for informado: 1Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF) ÷ 1000
3Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF x 1.73) ÷ 1000
RkVA Se Ramps for informado: RkVA = RkW ÷ RPF
RPF Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW SkW = RkW
SkVA SkVA = SkW ÷ SPF
PkW PkW = PkVA x SPF
PkVA Conforme digitado, ou 1Ø PkVA = (Pamps x tensão) ÷ 1000
3Ø PkVA = (Pamps x tensão x 1.73) ÷ 1000
SPF SPF = SkVA ÷ SkW
AkW AkW = RkW
Ramps 1Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ tensão
3Ø Ramps = (RkVA x 1000) ÷ (tensão x 1.73)

Cálculos gerais para cargas em tomadas de força

RkW RkW = kW Informada
RkVA RkVA = RkW ÷ RPF
RPF Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW SkW = RkW
SkVA SkVA = SkW ÷ SPF
SPF SPF = RPF
PkW PkW = RkW
PkVA PkVA = RkVA
AkW AkW = RkW
Ramps 1Ø Ramps = (RkW x 1000) ÷ (tensão x RPF)
3Ø Ramps = (RkW x 1000) ÷ (tensão x RPF x 1.73)

Cálculo de cargas definidas pelo usuário

RkW Se kW for informado: RkW = KW
Se kVA for informado: RkW = kVA x RPF
Se Ramps for informado: 1Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF) ÷ 1000
3Ø RkW = (Ramps x tensão x RPF x 1.73) ÷ 1000
RkVA Se kW for informado: RkVA = RkW Ø RPF
Se RkVA for informado: RkVA = kVA
Se Ramps for informado: 1Ø RkVA = (Ramps x tensão) ÷ 1000
3Ø RkVA = (Ramps x tensão x 1.73) ÷ 1000
RPF Fator de potência de funcionamento conforme informado ou padrão
SkW Se kW for informado: SkW = kW
Se kVA for informado: SkW = SkVA x SPF
Se informado Amps de Partida: 1Ø SkW = (Ramps x tensão x RPF) ÷ 1000
3Ø SkW = (Ramps x tensão x RPF x 1.73) ÷ 1000
SkVA SkVA = SkW ÷ SPF
SPF SPF = RPF, exceto para HID onde SPF padrão = 0.85 e RPF = 0.90
PkW PkW = SkW
PkVA PkVA = SkVA
AkW AkW = RkW
Ramps 1Ø Ramps = (RkW x 1000) ÷ (tensão x RPF)
3Ø Ramps = (RkW x 1000) ÷ (tensão x RPF x 1.73)

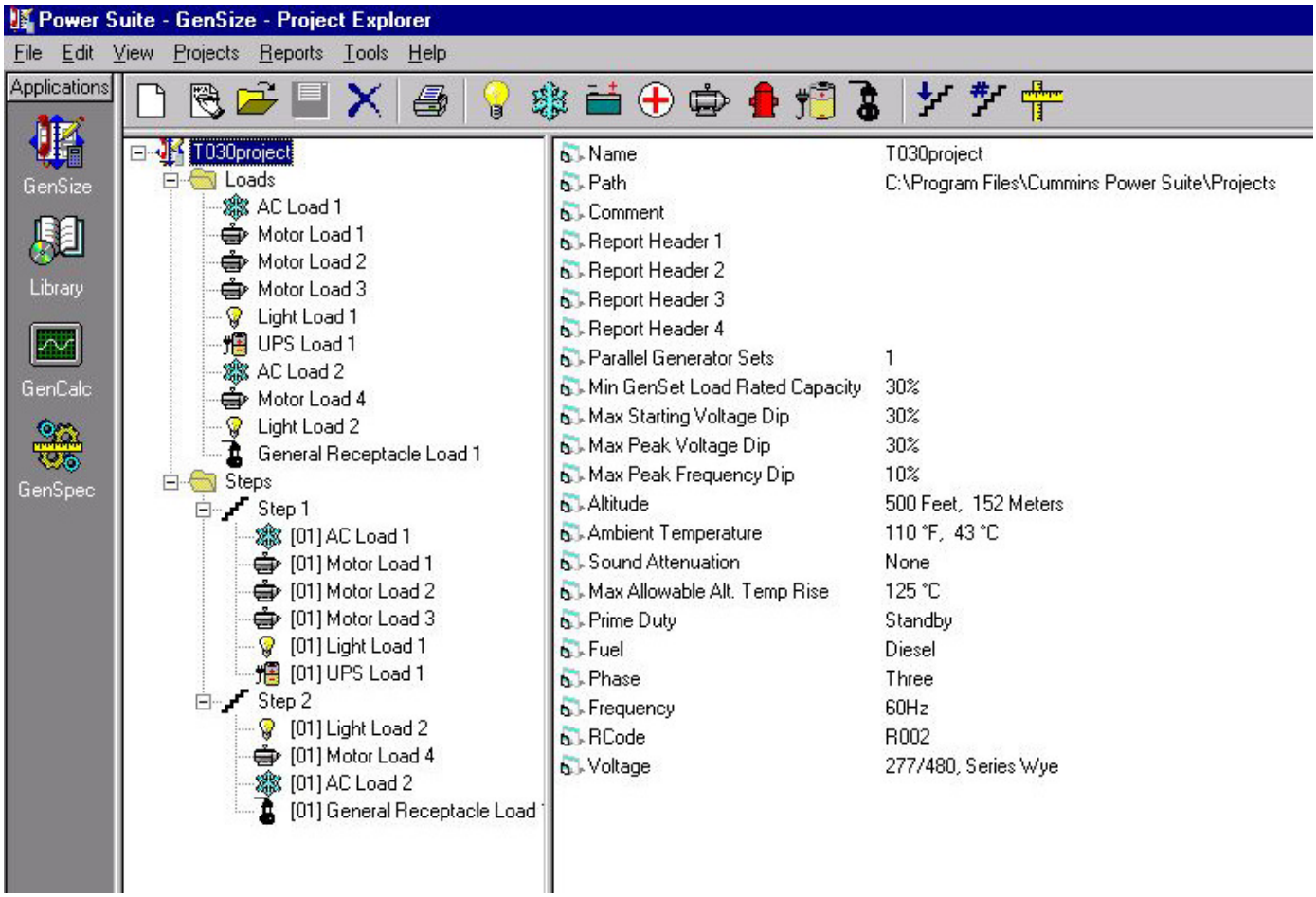


Figura A-2. "Tela de Projeto" do aplicativo GenSize

Entrada dos dados referentes às cargas na pasta "Step" do software

Depois de declarar as informações básicas sobre cada uma das cargas no software GenSize, você deve especificar os detalhes para cada uma das cargas do projeto na pasta *"Step"* ("Etapas") do software. Abra a pasta contendo os dados referentes à primeira carga de "clicando" com o mouse na pasta *"Steps"* ("Etapas"), localizada no lado esquerdo da tela do software. Note que, inicialmente, não existem cargas projeto na pasta *"Step"* ("Etapas"). A especificação mais adequada para a seqüência (seqüência de "Etapas") na qual as cargas devem ser acionadas pode permitir que a capacidade (tamanho) necessária para o grupo gerador possa ser reduzida. Isto pode ser feito por meio do uso de diversos comutadores de transferência para conectar as cargas ao grupo gerador em diferentes momentos, simplesmente ajustando-se os tempos de retardo para ativação de cada comutador. É necessário apenas aguardar alguns segundos entre cada uma das etapas de acionamento das cargas para permitir que o grupo gerador se estabilize à medida que cada carga é acionada etapa por etapa.

Para inserir cargas individuais na pasta *"Step"* ("Etapas"), clique e arraste, com o cursor do mouse, a carga selecionada até a pasta *"Step"* ("Etapas"). Depois de incluir a carga na pasta *"Step"* ("Etapas"), você poderá especificar a quantidade de cargas na pasta clicando com o botão direito do mouse (abrindo um menu) e selecionando o item de menu *"Set Quantity"* ("Ajustar Quantidade"). Outra forma de fazer isto é repetindo o processo de clicar e arrastar, sempre que se clicar e arrastar uma carga para a pasta *"Step"* ("Etapas"), a quantidade de cargas será aumentada.

Para inserir diversas cargas numa única etapa de ativação, clique na pasta de cargas para exibir todas as cargas no lado direito da tela do software. Usando as teclas "Shift" ou "Ctrl" e o mouse, selecione as cargas desejadas, clique em qualquer uma das cargas selecionadas à direita e as arraste para a pasta *"Step"* ("Etapas"). Todas as cargas selecionadas deverão aparecer como incluídas na pasta *"Step"* ("Etapas") para a qual foram arrastadas.

Utilize a barra de ferramentas para incluir uma ou mais

pastas *"Step"* ("Etapas") adicionais, conforme seja necessário. Você poderá visualizar os detalhes sobre as cargas e a seqüência de etapas de ativação das cargas utilizando a opção *"View"* ("Visualizar") do menu para saber em quais das etapas as cargas individuais foram inseridas ou para obter um resumo de todas as cargas em cada uma das etapas.

Considerações sobre as etapas de ativação das cargas

Para muitas aplicações, o grupo gerador deve ser dimensionado para ser capaz de acionar todas as cargas simultaneamente, em uma única etapa. Para outras aplicações, é mais vantajoso acionar em primeiro lugar as cargas que apresentem os maiores valores de pico de consumo de potência durante a partida e só depois que estas cargas já estiverem em funcionamento, acionar as demais cargas em diferentes etapas. A seqüência de acionamento das cargas também pode ser especificada por leis ou códigos que especifiquem que as cargas de emergência devem ser as primeiras a serem acionadas, então o equipamento "standby" e, por fim, as cargas opcionais.

A seqüência de etapas de acionamento de grupos geradores pode ser realizada por meio de comutadores de transferência com regulagem dos tempos de acionamento, por meio de um seqüenciador de cargas ou por meio de algum outro controlador, como um CLP (Controlador Lógico Programável), por exemplo. Você pode usar este aplicativo para informar ao seu distribuidor quantas etapas de partida de cargas são necessárias para a sua aplicação. Lembre-se que, embora haja uma seqüência inicial controlada para o acionamento de cargas, podem ocorrer paradas não controladas (imprevistas) de cargas assim como partidas não controladas de certas cargas. Você talvez queira verificar os valores das cargas de pico sob tais condições.

Diretrizes para a definição de uma seqüência de etapas para ativação de cargas

Partida em uma única etapa (Partida simultânea de todas as cargas em uma única etapa)

Uma abordagem utilizada de maneira comum é presumir que a partida de todas as cargas conectadas ao grupo gerador será feita em uma única etapa, independente do número de comutadores de transferência utilizados. Esta suposição resultará em critérios de escolha mais conservadores para o grupo gerador e, muito provavelmente, na escolha de um grupo gerador de maior porte. Utilize o critério do acionamento simultâneo de todas as cargas para o dimensionamento do grupo gerador a menos que a instalação possa ser acrescida com determinados recursos, tais como vários comutadores de transferência com regulagem para tempos retardo escalonados ou um seqüenciador de ativação das cargas.

Partida em uma única etapa com um "Fator de Diversidade"

Este processo é semelhante à partida simultânea em uma única etapa, exceto pelo fato de que deve ser aplicado um "fator de diversidade estimada" (cujo valor está em torno de 80%) para reduzir os valores totais de consumo de potência: SkVA e SkW, e, para levar em conta a atuação de outros sistemas de controle de partida automática que estejam incorporados nos próprios equipamentos de carga.

Partida em diversas etapas

Em geral, a partida seqüenciada das cargas (quando possível de ser efetuada) permite a seleção e instalação de um grupo gerador de menor porte. O software GenSize pressupõe que haverão tempos de retardo adequados (normalmente, de 5 a 10 segundos) para a ativação das diversas cargas em etapas, de modo que a tensão e a freqüência do grupo gerador possam se estabilizar entre cada uma das etapas.

Considere os seguintes fatores quando forem utilizados controles ou sistemas de retardo para a ativação seqüencial em etapas das cargas conectadas ao grupo gerador:

- O motor elétrico de maior capacidade deve ser acionado em primeiro lugar.
- Quando for dada partida em motores elétricos que utilizem unidades eletrônicas de controle de tensão (VFD ou VSD) a regra de acionamento do maior motor em primeiro lugar poderá não se aplicável. O uso de unidades eletrônicas para a partida e acionamento de motores elétricos permite que o projetista controle melhor a carga real aplicada ao grupo gerador, controlando a carga de corrente máxima, a taxa de aplicação da carga, etc. O que deve ser lembrado em relação a estas cargas é que elas são mais sensíveis às variações de tensão do que os motores elétricos acionados por meio de partida direta (simplesmente conectados à rede elétrica).
- Deixe para acionar os equipamentos do tipo UPS por último. Normalmente, os equipamentos UPS são sensíveis a variações de freqüência, especialmente à taxa de mudança da freqüência. Um grupo gerador que já esteja em funcionamento e com cargas será mais estável ao aceitar uma carga do tipo UPS.
- Para cada etapa de acionamento, a potência SkW requerida corresponde ao total da potência RkW do(s) passo(s) anterior(es) somada à potência SkW para a etapa da vez.

Recomendações e relatórios

As informações abaixo ajudarão a compreender como é gerada a recomendação do software GenSize para um determinado grupo gerador assim como os relatórios gerados pelo programa. A **Figura A-3** apresenta a tela padrão na qual o GenSize exibe a sua recomendação para o modelo de grupo gerador da Cummins Power Generation que melhor se adequa aos parâmetros do projeto. Esta tela pode ser alternada com a tela exibida na **Figura A-4**, na qual podem ser vistos todos os modelos de grupos geradores que se aproximam dos parâmetros especificados. Também pode ser útil visualizar a última tela para analisar as diferenças de desempenho entre todos os modelos que podem realizar as tarefas definidas no projeto, sendo que qualquer um dos equipamentos poderia ser escolhido para o projeto de instalação. Também é possível imprimir relatórios técnicos para distribuição, avaliação e revisão.

Os modelos "recomendados" são apresentados na metade superior da tela e destacados na cor **verde**. Na metade inferior são apresentados os parâmetros para o grupo gerador recomendado, que são:

- Requisitos do grupo gerador *("Generator Set Requirements")*: Nesta lista é apresentado um resumo com os parâmetros: Serviço, Tensão, Altitude, Fase, Quedas de Tensão e etc.
- Requisitos para o acionamento de cargas e picos de consumo de potência *("Load Running / Surge Requirements")*: Aqui estão resumidos todos os requisitos para as cargas do projeto. A opção Pct. Rated Load fornece um modo rápido para determinar quanto da capacidade de funcionamento do grupo gerador está sendo utilizada.
- Configuração do grupo gerador *("Generator Set Configuration")*: Esta guia apresenta uma lista onde é informado o tamanho da carcaça do alternador, o número de terminais, informa se o alternador é reconectável, se possui uma capacidade maior para partida do motor, a sua faixa de tensão, se o alternador possui um "stack" estendido e se pode fornecer uma saída de tensão monofásica plena. Ela também apresenta o modelo do motor, a sua cilindrada, o número de cilindros, o tipo de combustível e os valores limites para despotenciamento em função da altitude e da temperatura ambiente, e valores máximos permitidos para inclinação *("slope")*.

A guia de relatórios apresenta informações sobre o grupo gerador recomendado e permite a comparação com outros grupos geradores. Eis uma relação de alguns títulos importantes nesta guia:

Potência Nominal Local, Standby (Prime), em kW ("Site Rated Standby (Prime) kW")

Apresenta a potência nominal local (em kW) para aplicações do tipo "Energia Prime" ou "Standby" (o serviço para aplicações do tipo "Energia Prime" já está reduzida em 10%). Caso o valor seja apresentado na cor **vermelha**, a potência nominal local (kW) é menor do que a potência de funcionamento da carga (kW), ou a potência da carga de funcionamento (kW) é menor que 30% da potência nominal ajustada ao local (kW). Um grupo gerador que seja recomendado deve satisfazer aos requisitos para acionamento da carga deve operar com pelo menos 30% da capacidade nominal para que seja considerado adequado.

Caso o valor seja apresentado na cor **amarela**, a potência de acionamento da carga (em kW) é menor que 30% da potência nominal ajustada ao local. A utilização de grupos geradores com menos de 30% de sua carga nominal pode ser feita reduzindo-se o valor percentual mínimo da carga nominal no menu "Novos Parâmetros de Projeto" *("New Project Parameters")*.

Potência nominal máxima do alternador do Local - Elevação de Temperatura ("Site Rated Alternator Max kW - Temperature Rise")

Apresenta a potência nominal (em kW) do alternador no local, para a elevação de temperatura selecionada na opção de parâmetros do projeto. Caso o valor seja apresentado na cor **vermelha**, o alternador não poderá manter a elevação de temperatura conforme a especificação da carga conectada, tanto para a potência de funcionamento (em kW) quanto para a potência do alternador (em kW).

Potência nominal máxima do alternador do Local - Elevação de Temperatura ("Site Rated Alternator Max kVA - Temperature Rise")

Apresenta a potência nominal (em kVA) do alternador no local, para a elevação de temperatura ajustada na opção "Novos Parâmetros de Projeto" ("New Project Parameters"). Caso o valor seja apresentado na cor **vermelha**, o alternador não poderá manter a elevação de temperatura para o requisito de potência (kVA) de funcionamento da carga. A capacidade nominal máxima de potência (em kVA) do alternador é mostrada na tabela.

Todavia, o limite de altitude para alternadores é de 1000 metros (3280 pés) e o limite de temperatura é de 40°C (104°F). A potência máxima do alternador (kW) será reduzida em 3% para cada 500 metros (1640 pés) de altitude acima do limite mínimo e 3% para cada 5°C (9°F) de temperatura acima do limite máximo.

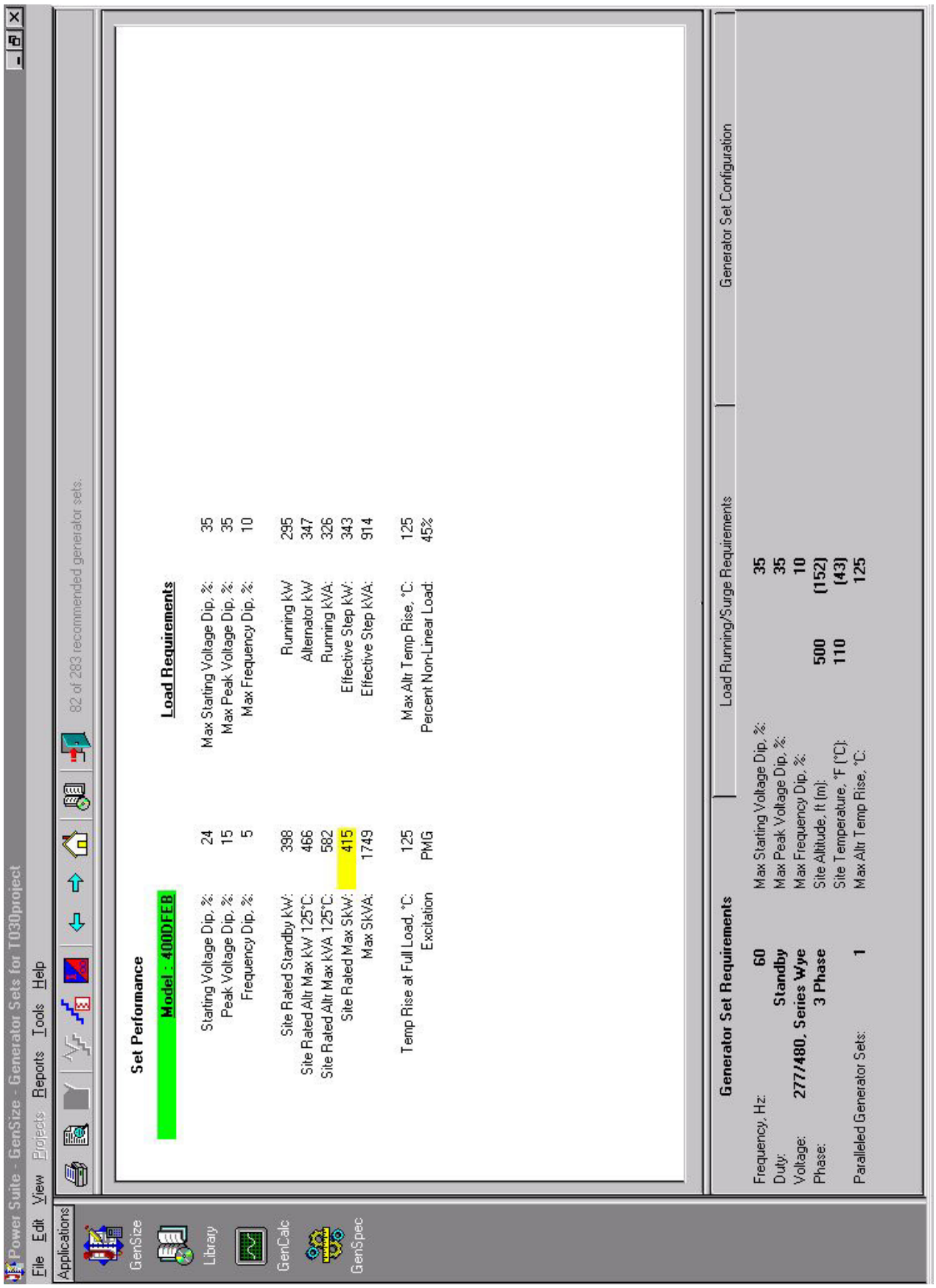
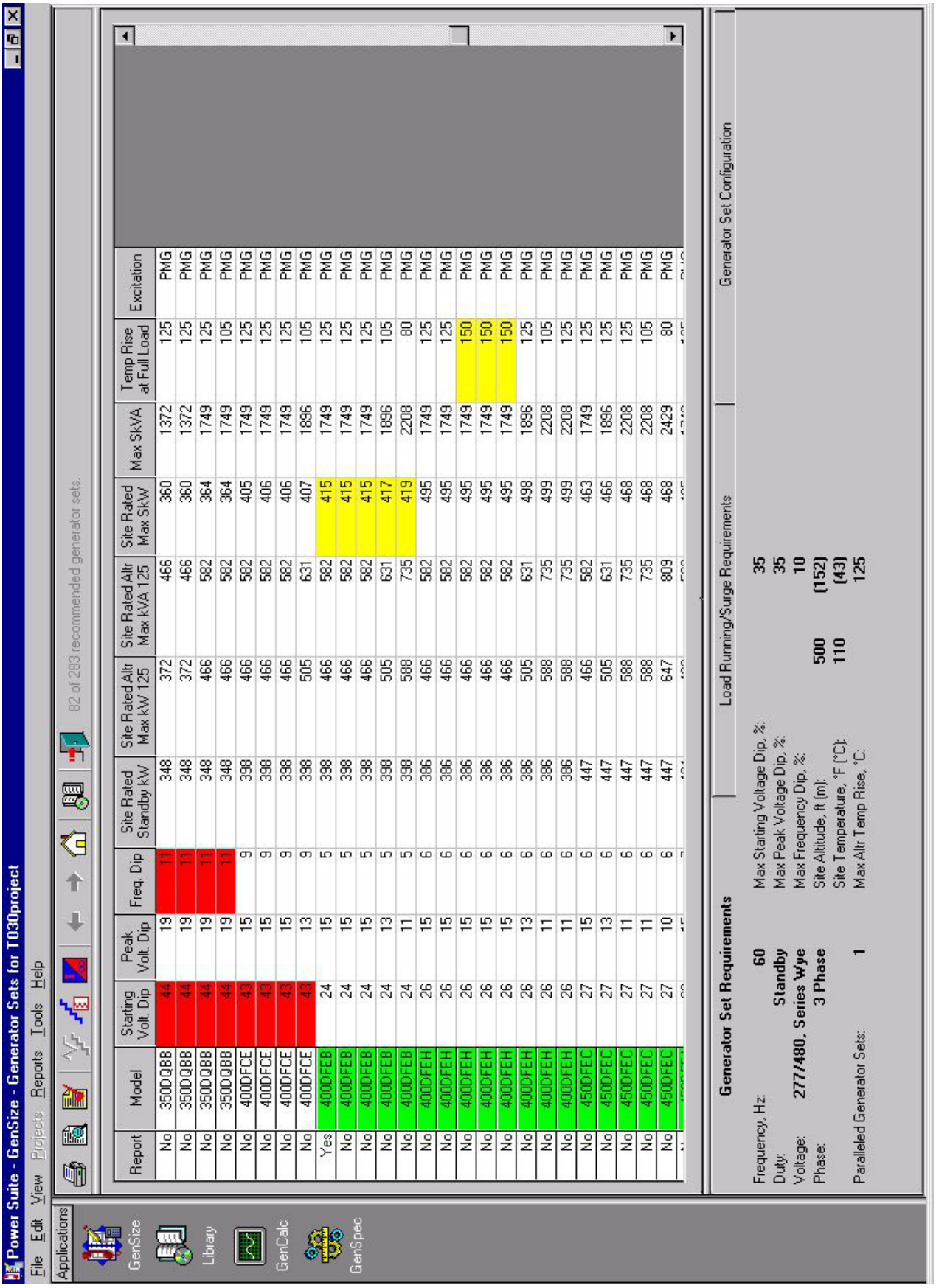

Power Suite - GenSize - Generator Sets for T030project
File Edit View Projects Reports Tools Help
Applications
GenSize
Library
GenCalc
GenSpec
Set Performance
Model : 400DFEB
Load Requirements
Starting Voltage Dip, %: 24
Peak Voltage Dip, %: 15
Frequency Dip, %: 5
Site Rated Standby kW: 398
Site Rated Altr Max kW 125°C: 466
Site Rated Altr Max kVA 125°C: 582
Site Rated Max SkW: 415
Max SkVA: 1749
Temp Rise at Full Load, °C: 125
Excitation PMG
Max Starting Voltage Dip, %: 35
Max Peak Voltage Dip, %: 35
Max Frequency Dip, %: 10
Running kW 295
Alternator kW 347
Running kVA: 326
Effective Step kW: 343
Effective Step kVA: 914
Max Altr Temp Rise, °C: 125
Percent Non-Linear Load: 45%
82 of 283 recommended generator sets.
Generator Set Requirements
Frequency, Hz: 60
Duty: Standby
Voltage: 277/480, Series Wye
Phase: 3 Phase
Paralleled Generator Sets: 1
Load Running/Surge Requirements
Max Starting Voltage Dip, %: 35
Max Peak Voltage Dip, %: 35
Max Frequency Dip, %: 10
Site Altitude, ft (m): 500 (152)
Site Temperature, °F (°C): 110 (43)
Max Altr Temp Rise, °C: 125
Generator Set Configuration

Figura A- 3. Janela de Configuração do Grupo Gerador Recomendado


Power Suite - GenSize - Generator Sets for T030project
File Edit View Projects Reports Tools Help
Applications
GenSize
Library
GenCalc
GenSpec
82 of 283 recommended generator sets.
Generator Set Requirements
Frequency, Hz: 60
Duty: Standby
Voltage: 277/480, Series Wye
Phase: 3 Phase
Paralleled Generator Sets: 1
Load Running/Surge Requirements
Max Starting Voltage Dip, %: 35
Max Peak Voltage Dip, %: 35
Max Frequency Dip, %: 10
Site Altitude, ft (m): 500 (152)
Site Temperature, °F (°C): 110 (43)
Max Altr Temp Rise, °C: 125
Generator Set Configuration

Report	Model	Starting Volt. Dip	Peak Volt. Dip	Freq. Dip	Site Rated Standby kW	Site Rated Altr Max kW 125	Site Rated Altr Max kVA 125	Site Rated Max SkW	Max SkVA	Temp Rise at Full Load	Excitation
No	350DQBB	44	19	11	348	372	466	360	1372	125	PMG
No	350DQBB	44	19	11	348	372	466	360	1372	125	PMG
No	350DQBB	44	19	11	348	466	582	364	1749	125	PMG
No	350DQBB	44	19	11	348	466	582	364	1749	105	PMG
No	400DFCE	43	15	9	398	466	582	405	1749	125	PMG
No	400DFCE	43	15	9	398	466	582	406	1749	125	PMG
No	400DFCE	43	15	9	398	466	582	406	1749	125	PMG
No	400DFCE	43	13	9	398	505	631	407	1896	105	PMG
Yes	400DFEB	24	15	5	398	466	582	415	1749	125	PMG
No	400DFEB	24	15	5	398	466	582	415	1749	125	PMG
No	400DFEB	24	15	5	398	466	582	415	1749	125	PMG
No	400DFEB	24	13	5	398	505	631	417	1896	105	PMG
No	400DFEB	24	11	5	398	588	735	419	2208	80	PMG
No	400DFEH	26	15	6	386	466	582	495	1749	125	PMG
No	400DFEH	26	15	6	386	466	582	495	1749	125	PMG
No	400DFEH	26	15	6	386	466	582	495	1749	150	PMG
No	400DFEH	26	15	6	386	466	582	495	1749	150	PMG
No	400DFEH	26	15	6	386	466	582	495	1749	150	PMG
No	400DFEH	26	13	6	386	505	631	498	1896	125	PMG
No	400DFEH	26	11	6	386	588	735	499	2208	105	PMG
No	400DFEH	26	11	6	386	588	735	499	2208	125	PMG
No	450DFEC	27	15	6	447	466	582	463	1749	125	PMG
No	450DFEC	27	13	6	447	505	631	466	1896	125	PMG
No	450DFEC	27	11	6	447	588	735	468	2208	125	PMG
No	450DFEC	27	11	6	447	588	735	468	2208	105	PMG
No	450DFEC	27	10	6	447	647	809	468	2429	80	PMG

Figura A-4. Janela "Todos os Grupos Geradores"

Potências Nominais Máximas do Local, SkW e SkVA (“Site Rated Max SkW and Max SkVA”)

Apresenta os valores das potências nominais máximas do local da instalação SkW e SkVA (reduzidas quando necessário conforme altitude e temperatura ambiente) que a configuração do grupo gerador pode acomodar. Caso o valor seja apresentado na cor vermelha, o grupo gerador não será capaz de recuperar o valor da tensão para um mínimo de 90% da tensão nominal com carga de Passo ou uma carga de Pico. Uma das premissas para o dimensionamento do sistema para suportar uma carga de pico é que, com uma carga de pico aplicada, o grupo gerador deva ser capaz de recuperar até 90% da tensão nominal de modo que os motores possam desenvolver um torque de aceleração adequado. Caso o grupo gerador consiga recuperar até 90% da sua tensão nominal, um motor irá desenvolver 81% do seu torque nominal, valor que, segundo a experiência tem ensinado, fornece um desempenho aceitável para a partida de motores elétricos.

Caso o valor seja exibido na cor amarela, o grupo gerador poderá recuperar sua tensão até um mínimo de 90% da sua tensão nominal com a carga de pico requerida, mas somente porque a especificação para o pico foi reduzida. O software GenSize pode reduzir a especificação para o pico em reconhecimento ao fato de que a tensão de saída do grupo gerador é reduzida durante a partida de cargas com requisitos de energia de partida que se aproximam da capacidade máxima do grupo gerador.

Elevação da temperatura em carga plena (“Temperature elevation at full load”)

Apresenta a elevação de temperatura que o alternador não deverá exceder enquanto estiver gerando energia até o valor nominal de carga plena (inclusive) do grupo gerador. Cada modelo de grupo gerador pode ser equipado com um ou mais modelos diferentes destes alternadores com diferentes taxas de elevação de temperatura, que poderão ser especificados segundo os parâmetros do projeto: 8□0°C, 105°C, 125°C e 150°C. Obviamente, a elevação de temperatura efetiva de um alternador depende da carga efetiva conectada. Por este motivo, o software GenSize poder recomendar um grupo gerador com uma opção para elevação de temperatura maior ou menor do que a especificada na opção “Novos Parâmetros de Projeto” *(“New Project Parameters”), pois esta recomendação* baseia-se no valor da carga conectada ao gerador. A carga conectada pode ser menor do que a capacidade de carga plena do grupo gerador ou, no caso de cargas não-lineares, pode ser exigido que o alternador tenha uma capacidade nominal maior do que a especificada. Em quaisquer dos casos, a recomendação deverá limitar a elevação de temperatura do alternador ao valor especificado na opção “Novos Parâmetros de Projeto” *(“New Project Parameters”)*.

Excitação (“Excitation”)

Apresenta o tipo de sistema de excitação fornecido com o grupo gerador. Caso o valor seja exibido na cor vermelha, o grupo gerador será excitado por uma ponte e a porcentagem da carga não-linear excederá 25% da especificação de funcionamento da carga, RkW. O sistema de excitação PMG é recomendado para aplicações que tenham grande quantidade de cargas lineares. A menos que a opção PMG não esteja disponível, a Cummins Power Generation não recomenda o uso de grupos geradores com excitação por ponte caso a exigência de carga não-linear seja maior que 25% da especificação total de carga.

A especificação de carga não-linear é calculada adicionando-se a potência de acionamento de todas as cargas onde a potência do alternador (em kW) excede a potência de acionamento (em kW). Este é o caso das cargas de equipamentos UPS, motores de freqüência variável e motores de partida de contato permanente que não estejam equipados com um desvio automático. Esta soma da potência do alternador (em kW) é então dividida pela soma da potência de acionamento (em kW) de todas as outras cargas.

Por que um grupo gerador não pode ser recomendado?

Vários fatores podem fazer com que um grupo gerador não seja recomendado para uma determinada aplicação:

- • A especificação para a potência de acionamento (em kW) pode exceder a capacidade nominal do grupo gerador. Parâmetros de projeto tais como altitude, temperatura ambiente e utilização em aplicações do tipo “Energia Prime” podem “despotenciar” o grupo gerador sem atingir os requisitos do projeto.
- A potência de acionamento (em kW) pode ser menor que o valor mínimo especificado entre 10 e 30% da capacidade nominal do grupo gerador, contida nos parâmetros do projeto (30% corresponde ao valor padrão recomendado pela Cummins Power Generation).
- A especificação para uma potência de pico (em kW) pode exceder a capacidade do gerador, que será inferior aos requisitos do projeto devido ao “despotenciamento” causado pelo efeito da altitude ou da temperatura ambiente. O software GenSize utiliza a potência cumulativa (em kW) e a potência de pico (em kW) mais elevadas para determinar a potência de pico de carga (em kW).

- A potência de pico (em kVA) pode exceder a capacidade do grupo gerador. A especificação para a potência de pico (em kVA) é semelhante à especificação de potência de pico (em kW) exceto pelo fato de que não há "despotenciamento" causado pelo efeito da altitude ou da temperatura ambiente. O software GenSize utiliza o valor mais elevado para a potência cumulativa e a potência de pico (se houver, em kVA) para determinar o requisito para a potência de pico da carga (em kVA).
- A potência necessária do alternador (em kW) ultrapassa a capacidade do alternador, que pode ter sido "despotencializada" por efeito da altitude ou da temperatura ambiente conforme os parâmetros do projeto. Todavia, o limite de altitude para alternadores é 1000 metros (3280 pés) e o limite de temperatura é 40°C (104°F). A potência do alternador (em kW) poderá ser reduzida em 3% para cada 500m (1640 pés) de altitude acima do limite mínimo e 3% para cada 5°C (9°F) de temperatura ambiente acima do limite máximo.
- A potência necessária para o alternador (em kVA) pode exceder a capacidade do alternador, que pode ter sido "despotencializada" por efeito da altitude ou da temperatura ambiente da mesma forma que a potência do alternador (em kW).
- A especificação para o valor total correspondente a cargas não-lineares pode ultrapassar 25% da especificação total de carga. Isto exclui geradores com excitação por ponte nos quais a excitação PMG não está disponível. A especificação para o valor total correspondente a cargas não-lineares corresponde à soma dos valores da potência do alternador (em kW) de todas as cargas não-lineares.
- As quedas calculadas de tensão e freqüência podem exceder os limites ajustados nos parâmetros do projeto.
  - A queda de tensão de partida é calculada usando-se o maior de dois valores: queda baseada na potência de Passo máxima (em kW) ou na potência de Passo máxima (em kVA).
  - A queda de tensão de pico é calculada somente se as cargas do projeto apresentarem um pico de acionamento (cargas cíclicas) ou cargas de equipamentos médicos para processamento de imagens que têm um alto consumo de potência de pico quando utilizados.
  - A queda de freqüência é calculada usando-se o maior dentre estes dois valores: a potência de Passo máxima (em kW) ou a potência de Passo (em kVA) de cargas que apresentam pico de funcionamento.
- A mensagem, *"No generator set is available that meets your running load requirements"* ("Não há grupos geradores que atendam aos requisitos de carga de funcionamento") geralmente significa que houve alguma alteração na opção "Novos Parâmetros de Projeto" *("New Project Parameters")* após a carga de funcionamento ter sido especificada. Por exemplo, esta mensagem será exibida caso o tipo de combustível seja alterado de óleo diesel para gás natural, ou caso seja alterada a opção "Sem Atenuação de Ruído" para a opção "Local Sem Ruído" *("Quite Site")* e caso a carga de funcionamento especificada exceda a capacidade do maior grupo gerador acionado por gás natural ou com a opção Quite Site disponível. A mensagem também pode significar que seu projeto é tal que não haja um grupo gerador na linha de produtos da Cummins Power Generation. Numa situação como esta a redução da porcentagem mínima da carga nominal nos parâmetros do projeto poderia permitir a recomendação de um grupo gerador. Se este for o caso, consulte seu distribuidor Cummins Power Generation local para obter ajuda.
- A mensagem, "No generator set is available which meets your frequency or voltage dip requirements" (Não há grupos geradores que atendam aos seus requisitos de queda de tensão ou de freqüência) geralmente significa que o requisito de pico de alguma das cargas acionadas em etapas está forçando a seleção de um grupo gerador superdimensionado que a sua carga para funcionamento em regime de alimentação estável caia abaixo de 30% da capacidade do grupo gerador. Como a Cummins Power Generation não recomenda a operação de seus equipamentos com uma potência abaixo de 30% de sua capacidade nominal, nenhum gerador poderá ser recomendado. Caso esta situação aconteça, poderão haver algumas:
  - Aumentar o valor permitido para a queda de tensão ou de freqüência.
  - Reduzir a porcentagem mínima da carga nominal para menos de 30%.
  - Acionar as cargas em um número maior de etapas para diminuir a carga de pico de cada uma das etapas.
  - Equipar a instalação com equipamentos que permitam a partida de motores com tensão reduzida.
  - Conectar diversos grupos geradores em paralelo.
  - Adicionar cargas que não tenham um alto pico de partida (luzes, cargas resistivas, etc.).

Relatórios

Vários tipos de relatórios podem ser gerados para o projeto aberto: Detalhes sobre a seqüência de carga/carga, Detalhes sobre o seqüenciamento de carga e quedas, e sobre o gerador recomendado. Estes relatórios podem ser exibidos na tela para que sejam feitas revisões antes de sua conclusão, podem ser salvos para transmissão ou impressos. A Figura A-5 é um exemplo de relatório para um Gerador Recomendado.

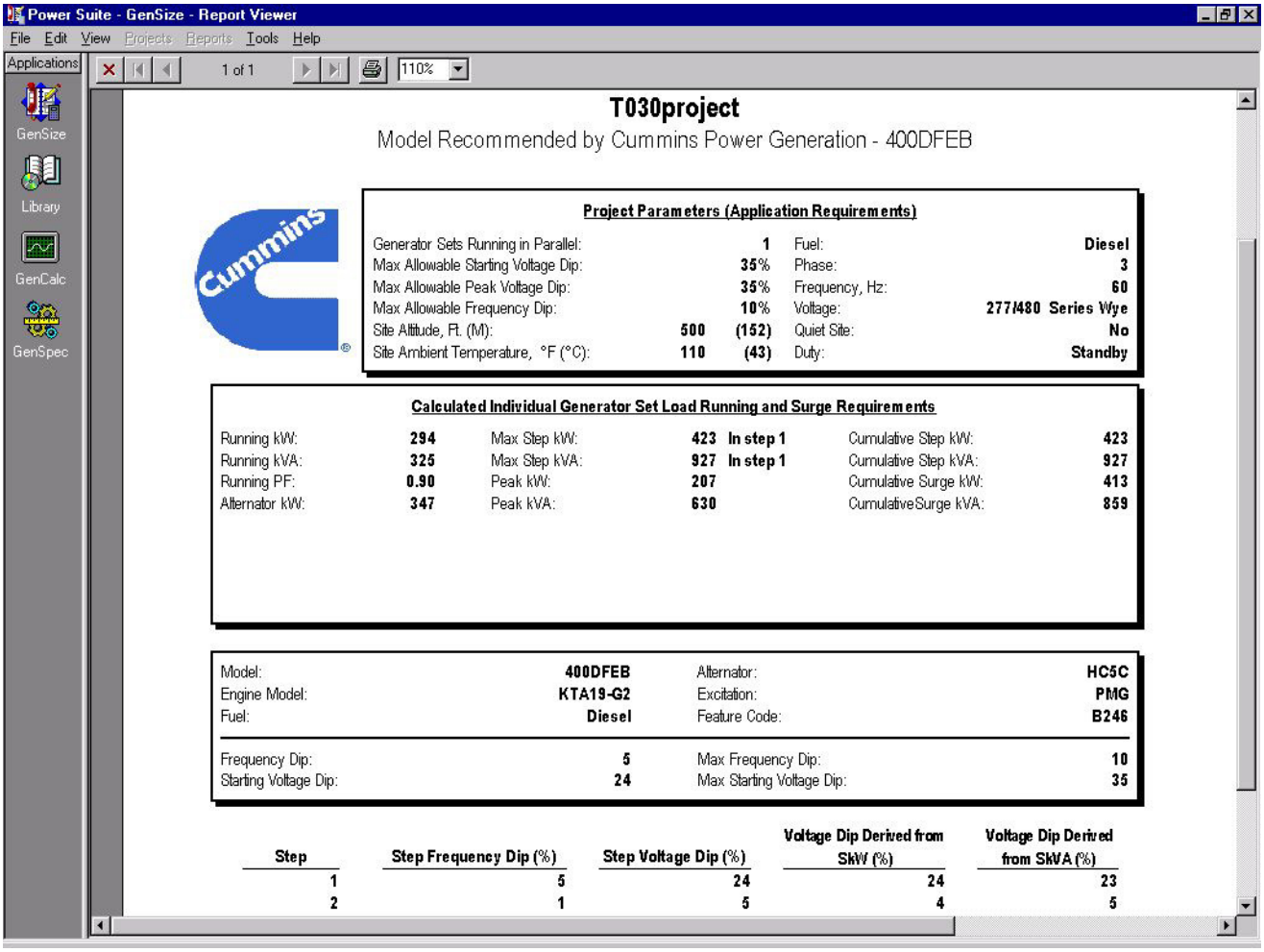


Figura A-5. Relatório apresentando as características do grupo gerador (no modo “visualização”).

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE B

APÊNDICE B 249
Partida de motor elétrico utilizando tensão reduzida..... 249
Uma comparação entre os métodos de partida de um motor elétrico..... 249
Partida de um motor elétrico com tensão plena 250
Partida de um motor elétrico com autotransformador - “Transição aberta”..... 250
Partida de um motor elétrico com autotransformador - “Transição fechada” ... 251
Partida de um motor elétrico utilizando um reator - “Transição fechada”..... 251
Partida de um motor elétrico utilizando um resistor - “Transição fechada” 252
Partida de um motor elétrico “Estrela-Triângulo” - “Transição fechada”..... 252
Partida de um motor elétrico utilizando enrolamento parcial (“Part winding”) - “Transição fechada”..... 253
Partida de um motor elétrico equipado com “rotor com enrolamento” ou “rotor bobinado” (“wound rotor”)..... 253
Partida de um motor síncrono 254
Notas gerais sobre aplicações 254

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE B

Partida de motor elétrico utilizando tensão reduzida

Embora uma queda de tensão possa, freqüentemente, causar diversos problemas, uma redução controlada da tensão nos terminais de um motor elétrico pode ser benéfica quando usada para diminuir o consumo de potência (kVA) de partida de um motor em aplicações onde o torque reduzido do motor possa ser aceitável. Reduzir a potência (kVA) de partida de um motor elétrico permite reduzir o tamanho e a capacidade do grupo gerador necessário, diminuir as quedas de tensão e permitir uma partida mais "suave" para cargas do tipo motor elétrico. Certifique-se, entretanto, de que o motor elétrico desenvolverá um torque suficiente para acelerar a carga mecânica sob as condições de tensão reduzida. Além disso, um sistema eletrônico que faça o caionamento de um motor elétrico e que faça a transição entre as etapas de "partida" e "funcionamento" poderá causar uma condição do tipo "pico de consumo de corrente de partida" ("*inrush current*") quase tão grave quanto as que ocorrem durante a partida de motores elétricos por meio da sua conexão direta à rede elétrica (a menos que o motor elétrico esteja na "rotação de sincronismo", ou numa rotação próxima, no momento da transição). Isto poderá causar uma queda inaceitável de tensão e há o risco do sistema de partida controlada do motor ("starter") ser desativado.

Uma comparação entre os métodos de partida de um motor elétrico

A **Tabela B-1** apresenta uma comparação entre os efeitos da partida com tensão plena, partida com autotransformador e partida com resistor, para um motor de 50 hp, Projeto B, Código G. Como é mostrado na tabela, a partida com ajuda de um autotransformador exige um menor esforço do motor mecânico do grupo gerador. A partida de um motor com a tensão reduzida por um resistor consome mais potência (energia do motor mecânico) do que uma partida por meio da simples conexão direta do motor elétrico com a rede de energia.

	TIPO DE MOTOR DE PARTIDA		
	AUTOTRANSFORMADOR	**RESISTOR**	**Tensão PLENA**
% da tensão aplicada ("tap")	65	50	100
% da tensão plena (multiplicador)*	0.42	0.50	1.0
KVA de partida com motor de partida de tensão reduzida	295 ** x 0.42 = 123.9	295 ** x 0.50 = 147.5	295 ** x 1.0 = 295
KW de partida com motor de partida de tensão reduzida (kVA x PF)	123.9 x 0.36*** = 43.4	147.5 x 0.8**** = 118	295x 0.36*** = 106.9
kVA de Funcionamento	46	46	46
kW de Funcionamento	41	41	41

* Veja a Tabela 3-4
** Veja a Tabela 3-5 e multiplique a potência (hp) de 50 pelo fator de 5.9 para o Código de Letra G.
*** Veja a Tabela 3-6
**** Veja SPF para Resistor na Tabela 3-4

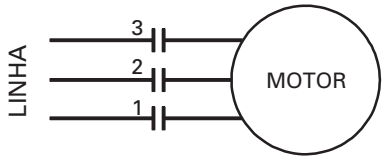
Tabela B-1. Comparação dos processos de partida de um motor elétrico com tensão reduzida.

Partida de um motor elétrico com tensão plena

Partida: A partida de um motor elétrico por meio da conexão direta do motor com a rede elétrica, utilizando tensão total da rede, é o processo utilizado com mais frequencia, a menos que seja necessário reduzir a potência (kVA) para a partida do motor devido a uma limitação da capacidade de potência do grupo gerador ou ao limite para a queda de tensão durante a partida de um motorelétrico. Não há qualquer restrição relativa à potência do motor (Hp), capacidade, tensão ou tipo de motor.

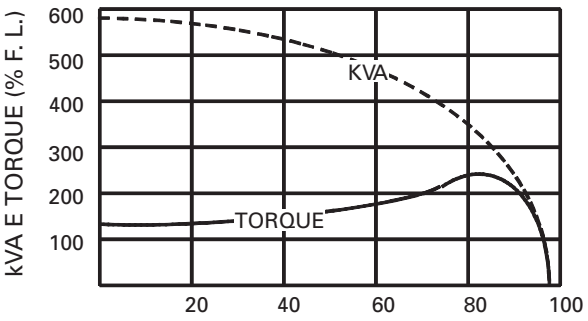
Notas de Aplicação: Este é o método é mais comum de acionamento de um motor elétrico devido à sua simplicidade, confiabilidade e custo inicial. Observe que as curvas de potência (kVA) e de torque durante este tipo de partida permanecem relativamente constantes até que o motor praticamente atinja a sua rotação final. Note também que ocorre um pico no valor do torque (e de potência) de aproximadamente de 300% do valor nominal quando a rotação se aproxima de 80% do valor da rotação síncrona.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



PARTIDA: FECHA 1-2-3
FUNCIONAMENTO: SEM ALTERAÇÃO

CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA
PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM
GAIOLA DE ESQUILO

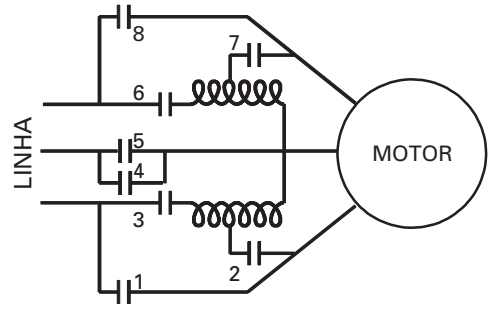


Partida de um motor elétrico com autotransformador - “Transição aberta”.

Partida: O autotransformador permanece conectado ao circuito apenas durante o processo de partida para reduzir a tensão aplicada ao motor elétrico. Caso haja uma abertura acidental do circuito de conexão temporária ao autotransformador durante a transição (entre a tensão suprida pelo autotransformador e a tensão da rede elétrica) isto pode provocar a ocorrência de graves transientes de tensão que podem, inclusive, ser causar o “desarme seletivo” (“*nuisance tripping*”) de alguns dos disjuntores.

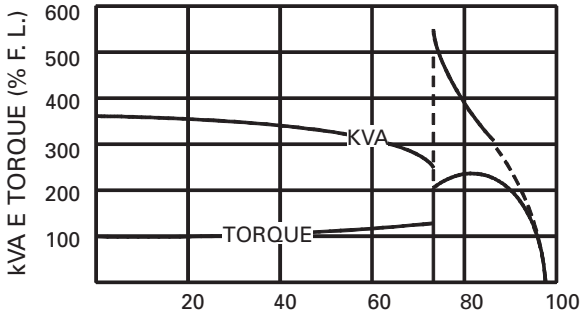
Notas de Aplicação: A comutação de transição aberta durante a partida de motores elétricos com tensão reduzida deve ser evitada nos casos em que a tensão suprida pela rede elétrica é gerada por um grupo gerador. Isso é especialmente importante quando os motores não conseguem atingir a sua rotação final no momento em que ocorre a transição. O motivo disto é que o motor diminui a rotação e sai de sincronização durante a comutação de transição. O resultado é semelhante à conexão em paralelo de grupos geradores fora de fase. A potência (kVA) consumida pelo motor elétrico imediatamente após a comutação pode ultrapassar a potência (kVA) de partida. Note também que o fator de potência de partida é menor quando é utilizado um autotransformador.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



PARTIDA: FECHA 2-3-5-6-7
FUNCIONAMENTO: ABRE 2-3-5-6-7; FECHA 1-4-8

CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA
PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM
GAIOLA DE ESQUILO

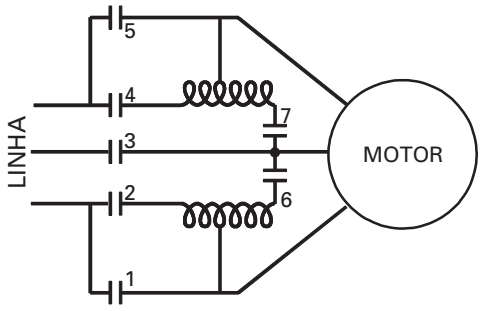


Partida de um motor elétrico com autotransformador - “Transição fechada”.

Partida: Durante este tipo de partida o circuito não é interrompido (aberto). Durante a transferência, parte do enrolamento do autotransformador permanece no circuito como um reator em série com os enrolamentos do motor.

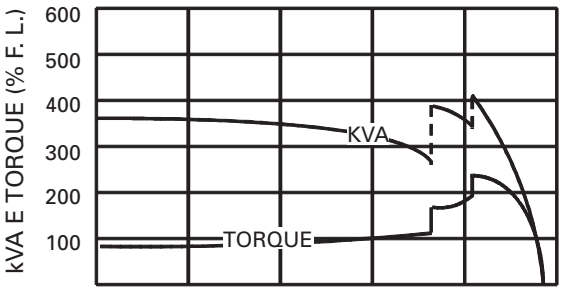
Notas de Aplicação: A transição fechada é preferível em relação à transição aberta pois causa um menor distúrbio na rede elétrica. O sistema de comutação, todavia, é mais caro e complexo. Este é o método de partida com tensão reduzida mais utilizado para grandes motores elétricos dos quais é exigido baixo torque para a movimentação de sua carga mecânica, tais como bombas de deslocamento de água servida (esgotos) e sistemas de refrigeração (“*chillers*”). A principal vantagem deste método de partida é proporcionar maior capacidade de torque do motor em função da corrente elétrica consumida em comparação com outros métodos de partida de tensão reduzida. A operação pode ser automática e/ou remota. Note também que o fator de potência de partida é menor quando é utilizado um autotransformador.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



PARTIDA: FECHA 6-7-2-3-4
TRANSFERÊNCIA: ABRE 6-7
FUNCUNAMENTO: FECHA 1-5

CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA
PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM
GAIOLA DE ESQUILO

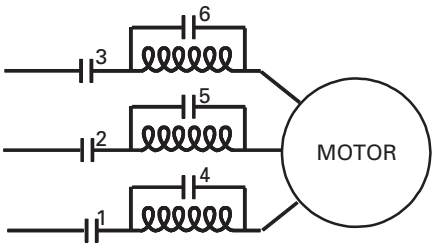


Partida de um motor elétrico utilizando um reator - “Transição fechada”.

Partida: A partida de um motor elétrico utilizando um reator tem a vantagem da simplicidade e da transição fechada, todavia o torque de partida em função da potência consumida é menor do que torque obtido numa partida auxiliada por um autotransformador. O torque relativo, contudo, aumenta à medida que o motor acelera.

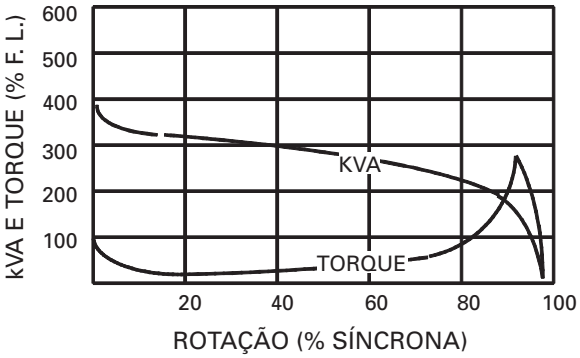
Notas de Aplicação: Em geral, a partida de um motor elétrico utilizando um reator não é utilizada exceto para motores de grande porte, de alta tensão ou que tenham elevado consumo de corrente elétrica. Os reatores devem ser dimensionados em função da potência (HP) e da tensão, e a sua disponibilidade pode ser limitada. Normalmente, o custo de um sistema de partida com reator é maior do que o de um sistema de partida com autotransformador para motores de menor porte, entretanto, é mais simples e menos caro para motores de grande porte. O fator de potência de partida é excepcionalmente baixo. A partida com reator permite uma partida mais suave com praticamente nenhum distúrbio perceptível de transção e é bem adequada para aplicações como bombas centrífugas e ou ventiladores.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



PARTIDA: FECHA 1-2-3
FUNCIONAMENTO: FECHA 4-5-6

CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA
PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM
GAIOLA DE ESQUILO

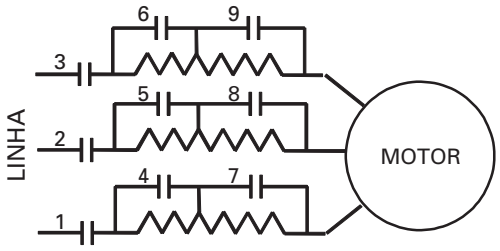


Partida de um motor elétrico utilizando um resistor - “Transição fechada”.

Partida: A partida com resistor é usada ocasionalmente para pequenos motores onde são necessárias diversas etapas de partida e não é permitida a abertura dos circuitos do motor durante as etapas.

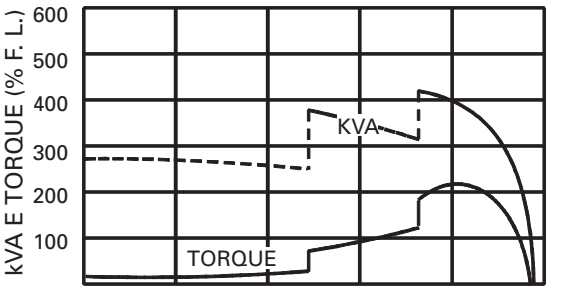
Notas de Aplicação: Também disponível como método de partida para um motor utilizando um sistema de partida sem transições em etapas, o que possibilita uma partida mais suave. Em geral, a partida auxiliada por um resistor é o método a mais barato para motores de pequeno porte. Ete método proporciona uma aceleração mais rápida de cargas mecânicas devido ao aumento de tensão à medida que diminui a corrente. Este método possui um fator de potência de partida mais elevado.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



PARTIDA: FECHA 1-2-3
SEGUNDO PASSO: FECHA 4-5-6
TERCEIRO PASSO: FECHA 7-8-9

CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA
PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM
GAIOLA DE ESQUILO



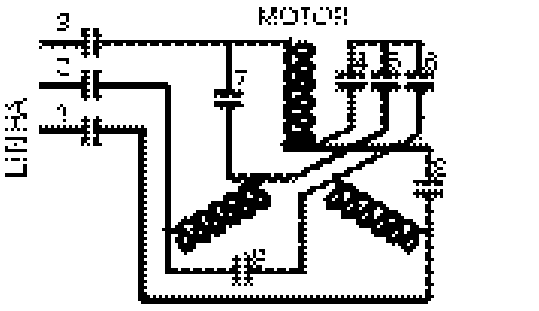
Partida de um motor elétrico “Estrela-Triângulo” - “Transição fechada”.

Partida: A partida que utiliza um sistema do tipo “Estrela-Triângulo” não exige o uso de autotransformador, reator ou resistor. O motor efetua a sua partida com uma conexão do tipo estrela e funciona com conexão do tipo triângulo.

Notas de Aplicação: Este método de partida está se tornando progressivamente popular em aplicações nas quais são aceitáveis torques de partida com valores mais baixos. Este método apresenta as seguintes desvantagens:

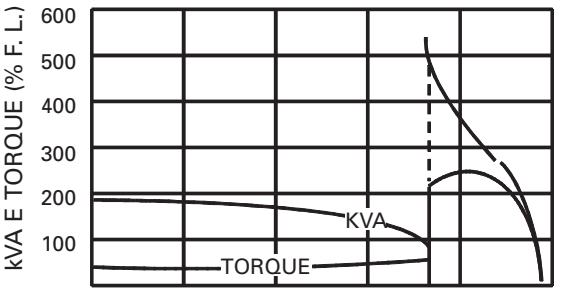
1. Transição aberta. A transição fechada está disponível a um custo extra.
2. Baixo torque de partida.
3. Nenhuma vantagem quando o motor é alimentado por um grupo gerador a menos que o motor consiga atingir a rotação síncrona antes da comutação. Em aplicações onde o motor não alcança a rotação síncrona, o grupo gerador deve ser dimensionado para atender o consumo de potência de pico.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



PARTIDA: FECHA 1-2-3-4-5-6
FUNCIONAMENTO ABRE 4-5-6; FECHA 7-8-9

CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA
PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM
GAIOLA DE ESQUILO

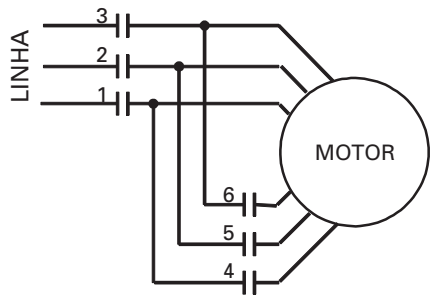


Partida de um motor elétrico utilizando enrolamento parcial ("*Part winding*") - "Transição fechada".

Partida: O método de partida controlada de um motor elétrico utilizando apenas uma parte do seu enrolamento ("*part winding starting*") é o método mais barato porque não exige o uso de autotransformador, reator ou resistor e utiliza um sistema de comutação simples. Este método é disponível em duas ou mais etapas de aplicação de carga dependendo do tamanho (capacidade), da rotação e da tensão do motor.

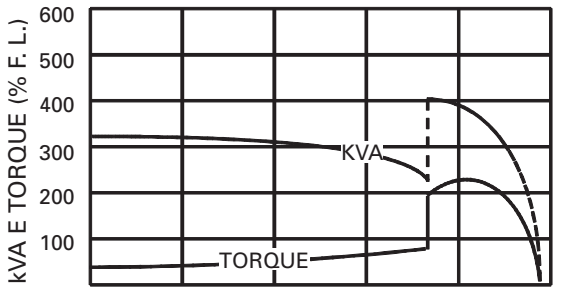
Notas de Aplicação: Este método proporciona automaticamente uma transição fechada. Numa primeira etapa, um enrolamento é conectado à tensão da rede elétrica; depois de um certo tempo, o segundo enrolamento é conectado em paralelo com o primeiro. O torque de partida é baixo e o seu valor é determinado pelo fabricante do motor. O objetivo deste método de partida controlada não é reduzir a corrente de partida, mas permitir que corrente de partida seja incrementada por etapas. Não haverá qualquer vantagem para este método caso o motor seja alimentado por um grupo gerador, a menos que o motor consiga atingir a rotação síncrona antes que ocorra a conexão de todos os enrolamentos.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



PARTIDA: FECHA 1-2-3
FUNCIONAMENTO: FECHA 4-5-6

CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA PARA MOTORES DE INDUÇÃO COM GAIOLA DE ESQUILO

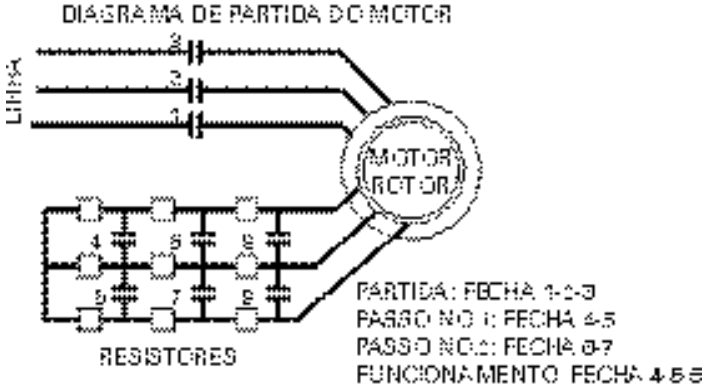


Partida de um motor elétrico equipado com "rotor com enrolamento" ou "rotor bobinado" ("*wound rotor*").

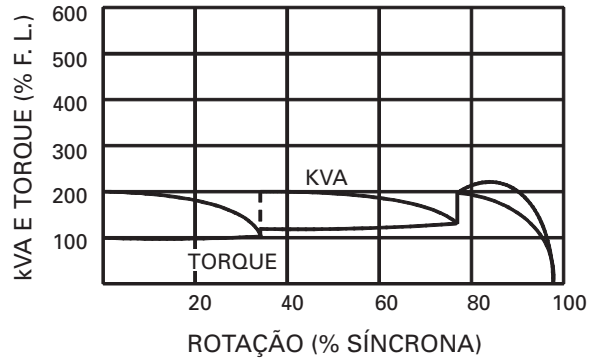
Partida: Um motor elétrico equipado com um "rotor com enrolamento" pode ter o mesmo torque de partida que um motor equipado com rotor do tipo "gaiola", todavia consome menos corrente. A diferença entre um motor equipado com um "rotor com enrolamento" e um motor com com rotor do tipo "gaiola" está apenas no projeto do rotor. Um motor equipado com rotor do tipo "gaiola" possui um conjunto de barras conectoras que fecham os circuitos entre as bobinas formando a configuração "gaiola" propriamente dita, enquanto que um motor equipado com um "rotor com enrolamento" possui enrolamentos com os pólos em aberto e configuráveis, geralmente trifásicos.

Notas de Aplicação: A corrente de partida, o torque e as características da rotação podem ser alteradas conectando-se a quantidade correta de resistências elétricas externas ao rotor. Em geral, os motores equipados com um "rotor com enrolamento" podem ser configurados de modo que a potência (kVA) de partida seja cerca de 1,5 vezes maior que a potência (kVA) de funcionamento. Este é o tipo de motor mais simples adequado para ser acionado por um grupo gerador.

DIAGRAMA DE PARTIDA DO MOTOR



CURVAS TÍPICAS DE TORQUE E KVA PARA MOTORES DE ROTOR COM ENROLAMENTO



Partida de um motor síncrono

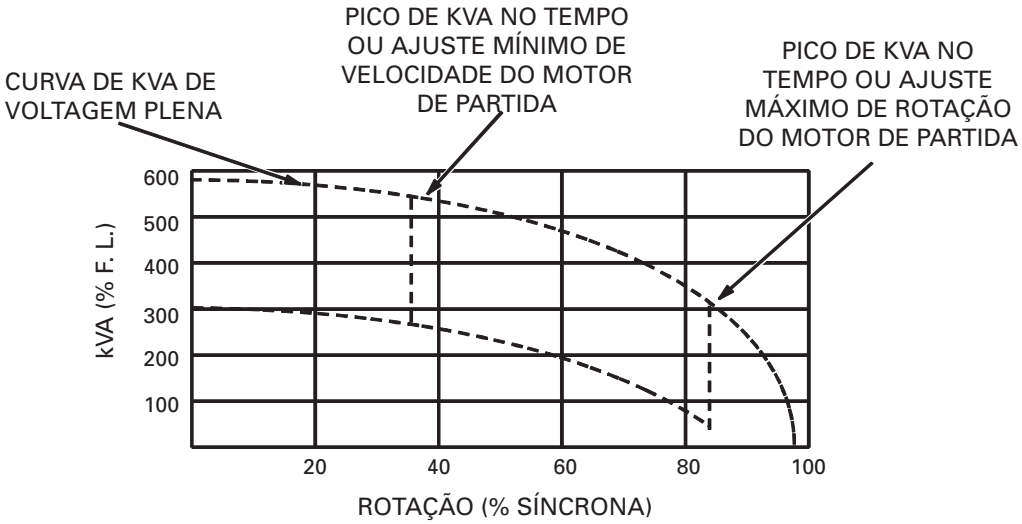
Partida: Os motores síncronos podem usar a maioria dos métodos de partida apresentados nas páginas anteriores. Os motores síncronos com capacidade nominal de 20 HP ou superior, possuem características de partida semelhantes às dos motores equipados com um “rotor com enrolamento”.

Notas de Aplicação: Os motores síncronos formam uma classe própria de motores. Não há padrões de desempenho, tamanho da estrutura ou conexões. Os motores com capacidade nominal de 30 HP ou menos apresentam altos valores de corrente de quando estão com o rotor travado. Eles podem ser utilizados em aplicações onde se desejada efetuar uma correção no fator de potência. (Utilize a “letra de codificação” padrão para o motor caso a “letra de codificação” real não seja conhecida.)

Notas gerais sobre aplicações

Caso o sistema de partida do motor com tensão reduzida possua algum tipo de ajuste de tempo ou algum ajuste de tensão do tipo “rampa”, configure os parâmetros do sistema para estabelecer intervalos de tempo de cerca de dois segundos entre as transições. Isto permitirá que o motor tenha tempo suficiente para se aproximar da rotação nominal e, assim, reduzir o consumo de potência de pico (kVA) no momento da comutação, como mostra a figura abaixo. Note que quando o ajuste é configurado em seu valor mínimo não há qualquer melhora siginificativa em relação à partida com a tensão plena.

Em algumas aplicações, a corrente de energização das bobinas (“*inrush current*”) pode ser tão baixa que o eixo do motor não conseguirá iniciar o movimento de rotação na primeira transição, ou talvez nem mesmo na segunda transição. Para aplicações como estas, há pouca redução na potência de partida (kVA), o que é pouco significativo para um sistema alimentado por um grupo gerador.



APÊNDICE C

APÊNDICE C 255
Padrões das fontes de energia e valores das tensões utilizadas no Mundo 255

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE C

Padrões das fontes de energia e valores das tensões utilizadas no Mundo

País	Freqüência (Hz)	Níveis de Tensão de Uso Comum (V)
Abu Dhabi (Emirados Árabes Unidos)	50	415/250
Afeganistão	50;60	380/220;220
África do Sul	50; 25	11 kV; 6.6 kV; 3.3 kV; 433/250; 400/230; 380/220; 500; 220
Alemanha (BRD)	50	20 kV; 10 kV; 6 kV; 380/220; 220
Alemanha (DDR)	50	10 kV; 6kV; 660/380; 380/220; 220/127; 220; 127
Angola	50	380/220; 220
Antígua	60	400/230;230
Antilhas Holandesas	50; 60	380/220; 230/115; 220/127; 208/120
Arábia Saudita	60	380/220; 220/127; 127
Argélia	50	10 kV; 5.5 kV; 380/220; 220/127
Argentina	50	13.2 kV; 6.88 kV; 390/225; 339/220;220
Austrália	50	22 kV; 11 kV; 6.6 kV; 440/250; 415/240; 240
Áustria	50	20 kV; 10 kV; 5 kV; 380/220; 220
Bahamas	60	415/240; 240/120; 208/120; 120
Bahrain	50;60	11 kV; 400/230; 380/220;230; 220/110
Bangladesh	50	11 kV; 400/230; 230
Barbados	50	11 kV; 3.3 kV; 230/115; 200/115
Bélgica	50	15 kV; 6kV; 380/220; 220/127, 220
Belize	60	440/220; 220/110
Bermuda	60	4.16/2.4 kV; 240/120; 208/120
Bolívia	50;60	230/115; 400/230/220/110
Botsuana	50	380/220;220
Brasil	50;60	13.8 kV; 11.2 kV; 380/220, 220/127
Brunei		50 415/230
Bulgária	50	20 kV; 15 kV; 380/220; 220
Burma	50	11 kV; 6.6 kV; 400/230; 230
Burundi		
Cabo Verde	50	380/220; 127/220
Camarões	50	15 kV; 320/220; 220
Camboja (República Khmer)	50	380/220; 208/120; 120
Canadá	60	12.5/7.2 kV; 600/347; 240/120; 208/120; 600; 480; 240
Chade	50	380/220; 220
Chile	50	380/220; 220
China	50	380/220 50Hz
Chipre	50	11 kV; 415/240; 240
Cingapura	50	22 kV; 6.6 kV; 400/230; 230

País	Freqüência (Hz)	Níveis de Tensão de Uso Comum (V)
Colômbia	60	13.2 kV; 240/120; 120
Costa do Marfim	50	380/220; 220
Costa Rica	60	240/120; 120
Cuba	60	440/220; 220/110
Dahomey	50	15 kV; 380/220; 220
Dinamarca	50	30 kV; 10 kV; 380/220;220
Dominica (Ilhas Windward)	50	400/230
Dubai (Emirados Árabes Unidos)	50	6.6 kV; 330/220; 220
Egito (República Árabe Unida)	50	11 kV; 6.6 kV; 380/220; 220
Eire (República da Irlanda)	50	10 kV; 380/220; 220
El Salvador	60	14.4 kV; 2.4 kV; 240/120
Equador	60	240/120; 208/120; 220/127; 220/110
Espanha	50	15 kV; 11 kV; 380/220; 220/127; 220; 127
Etiópia	50	380/220; 220
EUA	60	480/277; 208/120; 240/120
Fiji	50	11 kV; 415/240; 240
Filipinas	60	13.8 kV; 4.16 kV; 2.4 kV; 220/110
Finlândia	50	660/380; 500; 380/220; 220
França	50	20 kV; 15 kV; 380/220; 380; 220; 127
Gabão	50	380/220
Gâmbia	50	400/230; 230
Gana	50	440/250; 250
Gibraltar	50	415/240
Granada (Ilhas Windward)	50	400/230; 230
Grécia	50	22 kV; 20 kV; 15 kV; 6.6 kV; 380/220
Groelândia	50	380/220
Guadalupe	50;60	20 kV; 380/220; 220
Guam (Ilhas Mariana)	60	13.8 kV; 4 kV; 480/277; 480; 240/120; 207/120
Guatemala	60	13.8 kV; 240/120
Guiana	50	220/110
Guiana Francesa	50	380/220
Haiti	60	380/220; 230/115; 230; 220; 115
Holanda	50	10 kV; 3 kV; 380/220; 220
Honduras	60	220/110; 110
Hong Kong (e Kowloon)	50	11 kV; 346/200; 200
Hungria	50	20 kV; 10 kV; 380/220; 220
Iêmen do Sul (Aden)	50	400/230
Iêmen, República Democrática (PDR)	50	440/250; 250
Ilhas Canário	50	380/220; 230
Ilhas Cayman	60	480/240; 480/227; 240/120; 208/120

País	Freqüência (Hz)	Níveis de Tensão de Uso Comum (V)
Ilhas Faeroe (Dinamarca)	50	380/220
Ilhas Falkland (Reino Unido)	50	415/230; 230
Ilhas Virgens (EUA)	60	110/220
Ilhas Virgens (Reino Unido)	60	208; 120
Índia	50; 25	22 kV; 11kV; 440/250; 400/230; 460/230; 230
Indonésia	50	380/220; 2201127
Iran	50	20 kV; 11kV; 400/231; 380/220; 220
Iraque	50	11 kV; 380/220; 220
Islândia	50	380/220; 220
Israel	50	22kV; 12.6 kV; 6.3 kV; 400/230; 230
Itália	50	20 kV; 15 kV; 10 kV; 380/220; 220/127; 220
Iugoslávia	50	10 kV; 6.6 kV; 380/220; 220
Jamaica	50	4/2.3 kV; 220/110
Japão	50; 60	6.6 kV;200/100; 22 kV; 6.6 kV; 210/105; 200/100; 100
Jordânia	50	380/220; 220
Kuwait	50	415/240; 240
Laos	50	380/220
Lesotho	50	380/220; 220
Líbano	50	380/220; 190/110; 220; 110
Libéria	60	12.5/7.2 kV; 416/240; 240/120; 208/120
Luxemburgo	50	20 kV; 15 kV; 380/220; 220
Macao	50	380/220; 220/110
Malásia (Ocidental)	50	415/240; 240
Malawi	50	400/230; 230
Mali	50	380/220; 220/127; 220; 127
Malta	50	415/240
Manila	60	20 kV; 6.24 kV; 3.6 kV; 240/120
Marrocos	50	380/220; 220/127
Martinica	50	220/127; 127
Maurício	50	400/230; 230
Mauritânia	50	380/220
México	60	13.8 kV; 13.2 kV; 480/277; 220/127; 220/120
Moçambique	50	380/220
Mônaco	50	380/220; 220/127; 220; 127
Montserrat	60	400/230; 230
Muscat e Oman	50	415/240; 240
Naura	50	415/240
Nepal	50	11 kV; 400/220; 220
Nicarágua	60	13.2 kV; 7.6 kV; 240/120
Nìger	50	380/220; 220
Nigéria	50	15 kV; 11 kV; 400/230; 380/220; 230; 220
Noruega	50	20 kV; 10 kV; 5 kV; 380/220; 230

País	Freqüência (Hz)	Níveis de Tensão de Uso Comum (V)
Nova Caledônia	50	220
Nova Zelândia	50	11 kV; 415/240; 400/230; 440; 240; 230
Panamá	60	12 kV; 480/227; 240/120; 208/120
Papua Nova Guiné	50	22 kV; 11 kV; 415/240; 240
Paquistão	50	400/230
Paraguai	50	440/220; 380/220; 220
Peru	60	10 kV; 6 kV; 225
Polinésia Francesa	60	220; 100
Polônia	50	15 kV; 6 kV; 380/220; 220
Porto Rico	60	8.32 kV; 4.16 kV; 480; 240/120
Portugal	50	15 kV; 5 kV; 380/220; 220
Guiné Portuguesa	50	380/220
Qatar	50	415/240; 240
Quênia	50	415/240; 240
Reino Unido	50	22 kV; 11 kV; 6.6 kV; 3.3 kV; 400/230; 380/220; 240; 230; 220
República Árabe da Líbia	50	400/230; 220/127; 230; 127
República Árabe da Síria	50	380/220; 200/115; 220; 115
República Central Africana	50	380/220
República da Coréia (Sul)	60	200/100; 100
República da Somália	50	440/220; 220/110; 230; 220; 110
República Dominicana	60	220/100; 110
República Malagassy (Madagascar)	50	5 kV; 380/220; 220/127
República Tcheca	50	22 kV; 15 kV; 6 kV; 3 kV; 380/220; 220
Reunion	50	110/220
Romênia	50	20 kV; 10 kV; 6 kV; 380/220; 220
Ruanda	50	15 kV; 6.6 kV; 380/220; 220
Rússia	50	380/230; 220/127 e acima
Sabah	50	415/240; 240
Sahara Espanhol	50	380/220; 110; 127
Samoa Ocidental	50	415/240
São Vicente	50	3.3 kV; 400/230; 230
Sarawak (Malásia Oriental)	50	415/240; 240
Senegal	50	220/127; 127
Serra Leoa	50	11 kV; 400/230; 230
Seychelles	50	415/240
Sri Lanka (Ceilão)	50	11 kV; 400/230; 230
Sta. Helena	50	11 kV; 415/240
Sta. Lucia	50	11 kV; 415/240; 240
Sto. Kitts Nevis Anguilla	50	400/230; 230
Suazilândia	50	11 kV; 400/230; 230
Sudão	50	415/240; 240
Suécia	50	20 kV; 10 kV; 6 kV; 380/220; 220

País	Freqüência (Hz)	Níveis de Tensão de Uso Comum (V)
Suíça	50	16 kV; 11 kV; 6 kV; 380/220; 220
Suriname	50; 60	230/115; 220/127; 220/110; 127; 115
Tailândia	50	380/220; 220
Taiwan (República da China)	60	22.8 kV; 11.4 kV; 380/220; 220/110
Tanzânia (República União da)	50	11 kV; 400/230
Togo	50	20 kV; 5.5 kV; 380/220; 220
Tonga	50	11 kV; 6.6 kV; 415/240; 240; 210
Trinidad-Tobago	60	12kV; 400/230; 230/115
Tunísia	50	15 kV; 10 kV; 380/220; 220
Turquia	50	15 kV; 6.3 kV; 380/220; 220
Uganda	50	11 kV 415/240; 240
Uruguai	50	15 kV; 6 kV; 220
Venezuela	60	13.8 kV; 12.47 kV; 4.8 kV; 4.16 kV; 2.4 kV; 240/120; 208/120
Vietnam (República do)	50	15 kV; 380/220; 208/120; 220; 120
Yolta Superior	50	380/220; 220
Zaire (República do)	50	380/220; 220
Zâmbia	50	400/230; 230
Zimbábue	50	11 kV; 390/225; 225

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE D

APÊNDICE D 259
Fórmulas úteis para cálculos em eletricidade..... 259

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE D

Fórmulas úteis para cálculos em eletricidade

PARA OBTER:	POTÊNCIA DE CA MONOFÁSICA	POTÊNCIA DE CA TRIFÁSICA
quilowatts (kW)	$\frac{\text{Volts x Amps x FP}}{1000}$	$\frac{\text{Volts x Amps x FP x 1.732}}{1000}$
kVA	$\frac{\text{Volts x Amps}}{1000}$	$\frac{\text{Volts x Amps x 1.732}}{1000}$
Amps (kVA desconhecido)	$\frac{\text{kW x 1000}}{\text{Volts x FP}}$	$\frac{\text{kW x 1000}}{\text{Volts x FP x 1.732}}$
Amps (kW desconhecido)	$\frac{\text{kVA x 1000}}{\text{Volts}}$	$\frac{\text{kVA x 1000}}{\text{Volts x 1.732}}$
Freqüência (Hertz)	$\frac{\text{No. de pólos x rpm}}{120}$	$\frac{\text{No. de pólos x rpm}}{120}$
Potência Reativa (kVAR)	$\frac{\text{Volts x Amps x } \sqrt{1 - FP^2}}{1000}$	$\frac{\text{Volts x Amps x 1.732 x } \sqrt{1 - FP^2}}{1000}$
% Regulagem de Voltagem (para cargas estáveis, de Sem Carga a Carga Plena)	$\left(\frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}}\right) \text{ x } 100$	$\left(\frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}}\right) \text{ x } 100$
% Regulagem de Freqüência (para cargas estáveis, de Sem Carga a Carga Plena)	$\left(\frac{F_{NL} - F_{FL}}{F_{FL}}\right) \text{ x } 100$	$\left(\frac{F_{NL} - F_{FL}}{F_{FL}}\right) \text{ x } 100$
Potência necessária para acionar um gerador	$\frac{\text{kW}}{\text{0.746 X Eficiência do Gerador}}$	$\frac{\text{kW}}{\text{0.746 X Eficiência do Gerador}}$
Corrente de curto-circuito RMS do primeiro ciclo (± 10%)	$\frac{\text{Ampères Nominais}}{\text{pu X''d}}$	$\frac{\text{Ampères Nominais}}{\text{pu X''d}}$

- O termo “FP” significa “Fator de Potência”, que é expresso como uma fração decimal. Por exemplo, quando utilizado num cálculo, um fator de potência de 80% equivale a 0,8. Em geral, grupos geradores monofásicos apresentam um fator de potência nominal de 100% e grupos geradores trifásicos 80%.
- O termo “Volt” significa a tensão fase-fase.
- O termo “Amps” significa a corrente fase-fase em Ampères.
- O termo “F” significa freqüência. A regulagem de freqüência 0% é definida como isocrona.

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE E

APÊNDICE E..... 261
Serviços de manutenção e reparos 261
Manutenção diária..... 261
Manutenção semanal..... 261
Manutenção mensal..... 261
Manutenção semestral..... 262
Manutenção anual..... 262

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE E

Serviços de manutenção e reparos

Uma rotina bem planejada para serviços de manutenção preventiva e reparos deve ser parte integrante do projeto de um sistema local para geração de energia. A falha na partida e funcionamento de um grupo gerador utilizado numa aplicação do tipo “Standby” pode resultar em acidentes graves e até mortes, ferimentos pessoais, danos à propriedades e perdas econômicas. A ocorrência de falhas durante a partida e funcionamento de um grupo gerador devido à carga baixa da bateria resultante de procedimentos de manutenção de má qualidade é o tipo de falha mais comum. Um programa de manutenção e reparos abrangentes, realizado regularmente por técnicos qualificados pode evitar este tipo de falhas e suas conseqüências. Os programas de manutenção preventiva e reparos que a maioria dos distribuidores de grupos geradores oferecem devem receber especial atenção ao se formalizar a contratação deste tipo de serviço. Normalmente, esses contratos incluem a realização de manutenções programadas, reparos, reposição de peças e registro dos serviços efetuados.

O programa de manutenção preventiva de grupos geradores de energia utilizados em aplicações do tipo “Prime” deve ter seu cronograma estabelecido em função dos períodos de tempo em que o grupo gerador entra em funcionamento e segundo as recomendações do fabricante. Como os grupos geradores em utilizados em aplicações do tipo “Standby” entram em funcionamento apenas ocasionalmente, a programa de manutenção preventiva deve ser elaborado por meio da especificação de tarefas de manutenção diárias, semanais, mensais ou períodos mais longos. Siga as instruções do fabricante. Em qualquer caso, a programação de manutenção deve incluir:

Manutenção diária:

- Verifique se há vazamentos de óleo, líquido de arrefecimento ou combustível.
- Verifique a operação dos aquecedores do líquido de arrefecimento do motor. Caso o bloco não esteja aquecido, os aquecedores não estão funcionando corretamente e a partida do motor poderá não ocorrer.
- Verifique se a chave de comutação está na posição AUTO e se o disjuntor do gerador, se usado, está fechado.

Manutenção semanal:

- Verifique os níveis de óleo do motor e do líquido de arrefecimento.
- Verifique o sistema de carga da bateria.

Manutenção mensal:

- Verifique se há obstruções ou entupimentos nos filtros de ar.
- Efetue uma rotina de “exercícios periódicos” para o o grupo gerador dando a partida e colocando-o em funcionamento ao menos por 30 minutos, sob carga não inferior a 1/3 da carga nominal. Verifique se há vibrações, ruídos, gases de escape incomuns, vazamentos de combustível e de líquido de arrefecimento durante a operação do grupo gerador. Estes “exercícios periódicos” mantém lubrificados os componentes do motor, aumenta a confiabilidade da partida, impede a oxidação de contatos elétricos e consome o combustível antes de o mesmo se deteriorar e precisar ser descartado.
- Verifique se há obstruções ou entupimentos no radiador, vazamentos do líquido de arrefecimento, mangueiras deterioradas, correias do ventilador soltas ou deterioradas, anteparos motorizados inoperantes e se está correta a concentração de aditivos no líquido de arrefecimento do motor.
- Verifique se há furos, vazamentos ou conexões soltas no sistema de filtragem de ar.
- Verifique o nível de combustível e a operação da bomba de transferência de combustível.
- Verifique se há vazamentos ou entupimentos no sistema de escape e faça a drenagem do bujão de condensação.
- Verifique se os medidores, indicadores e luzes funcionam corretamente.
- Verifique as conexões dos cabos e o nível do líquido da bateria e recarregue a bateria caso a densidade do líquido da bateria for menor que 1.260.
- Verifique se há obstruções ou entupimentos no sistema de ventilação, nas aberturas de entrada e saída do gerador.
- Certifique-se de que todas as ferramentas de serviço necessárias estejam disponíveis.

Família do motor	Temperaturas do tubo de escape com um termopar calibrado
Série B	550
Série C	600
LTA10	650
M11	650
NT(A)855	650
N14	650
QSX15	700
KTA19	650
VTA28	650
QST30	650
KTA38	650
QSK45	700
KTA50	700
QSK60	700
QSK78	700

Tabela E-1. Temperaturas mínimas recomendadas para o tubo de escape. (A temperatura do gás de escape é medida com um termopar. O uso de um sensor de temperatura externa não é suficientemente preciso para verificar a temperatura de escape.)

Manutenção semestral:

- Troque o(s) filtro(s) de óleo do motor.
- Troque o(s) filtro(s) do circuito do líquido de arrefecimento.
- Limpe ou substitua o(s) filtro(s) do respiro do cárter.
- Troque o(s) filtro de combustível, drene os sedimentos dos tanques, verifique se as mangueiras flexíveis apresentam cortes ou sinais de abrasão e verifique os cabos de conexão do governador do alternador.
- Verifique os controles elétricos e os alarmes de segurança.
- Remova qualquer acúmulo de graxa, óleo ou sujeira do grupo gerador.
- Verifique as condições da fiação de distribuição de energia, das conexões, disjuntores e comutadores de transferência.
- Efetue a simulação de uma queda de energia na rede elétrica. Este procedimento deverá testar a capacidade do grupo gerador efetuar a partida e suprir a carga nominal do sistema. Verifique a operação dos comutadores de transferência automática, da chave de comutação e controles associados e de todos os outros componentes do sistema de energia do tipo “Standby”.

Manutenção anual:

- Verifique os mancais ou rolamentos do ventilador, das polias e da bomba de água.
- Verifique o respiro do “tanque diário” de combustível.
- Verifique as condições dos parafusos do coletor de admissão e do turbocompressor e aperte-os caso isto seja necessário.
- Verifique os suportes de fixação e de montagem do grupo gerador e faça os ajustes necessários nos que estivem frouxos .
- Limpe a caixa de saída e o quadro de controle do gerador. Verifique se há conectores soltos e fixe-os, caso seja necessário. Meça e anote as resistências de isolamento dos enrolamentos do gerador. Verifique o funcionamento das “cintas” do aquecedor do gerador e lubrifique os rolamentos.
- Verifique o funcionamento do disjuntor principal do gerador (caso este dispositivo seja utilizado) acionando-o manualmente. Teste a unidade de rearme do disjuntor conforme as especificações do fabricante.
- Caso a rotina de “exercícios periódicos do grupo gerador for feita sem cargas conectadas ao equipamento ou com “cargas leves”, coloque o grupo gerador em funcionamento por pelo menos três horas, uma hora em operação sob uma carga com valor aproximado ao da carga nominal do equipamento.
- Realize testes do isolamento elétrico do grupo gerador anualmente, ao longo de toda a sua vida útil. Os testes iniciais feitos antes das conexões de cargas finais têm por objetivo servir como referência para os testes anuais. Esses testes são obrigatórios para geradores com capacidade acima de 600 VAC. Consulte a Norma ANSI/IEEE 43, “Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery” (“Prática Recomendada para Testes de Resistência de Isolamento de Equipamentos Rotativos”).

APÊNDICE F

APÊNDICE F 263
Normas e Padrões 263
Normas de produtos relacionados 263
Modificação de produtos 263

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE F

Normas e Padrões

Normas de produtos relacionados

As normas técnicas referentes ao desempenho de grupos geradores incluem:

- International Electrotechnical Committee: Standard for rotating electrical machines, Part 1 (Rating and Performance), IEC 34-1;
- International Standards Organization: Standard for reciprocating internal combustion engine driven alternating current generator sets, Parts 1 through 9, ISO 8528;
- National Electrical Manufacturer's Association: Standard for motors and generators, NEMA MG1-1;
- Canadian Standards Association, CSA 22, Canadian Electrical Code, CSA 282, Emergency electrical power supply for buildings;
- Na América do Norte, muitas questões de segurança (e ambientais) relacionadas a aplicações de grupos geradores são tratadas pelas seguintes normas da National Fire Protection Association (NFPA):
- Flammable and combustible liquids code - NFPA 30;
- Standard for the installation and use of stationary combustion engines and gas turbines - NFPA 37;
- National fuel Gas Code - NFPA 54;
- Storage and handling of liquified petroleum gas - NFPA 58;
- National Electrical Code - NFPA 70;
- Health care facilities code - NFPA 99;
- Life Security Code - NFPA 101;
- Emergency and Standby power systems - NFPA 110.

Modificação de produtos

Grupos geradores e outros produtos relacionados são algumas vezes "certificados", "listados" ou então garantidos quanto ao cumprimento de normas técnicas e leis específicas. Em geral, isto se aplica ao produto fabricado e entregue pelo fabricante original. Frequentemente estes produtos recebem alguma etiqueta de identificação ou alguma outra forma de identificação que especifica à quais normas técnicas o produto se adequa. Modificações que possam ser realizadas posteriormente no produto podem alterar suas características e fazer com que o produto deixe de obedecer às normas ou legislações atendidas originalmente pelo projeto. As modificações no produto devem, em alguns casos, ser submetidas à aprovação das autoridades locais.

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE G

APÊNDICE G 265
Glossário 265

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE G

Glossário

Alternador

Alternador é outro termo utilizado para designar um gerador de corrente alternada.

Ampacidade

É a capacidade (em ampères) de um condutor elétrico transportar corrente elétrica com segurança, conforme as exigências definidas por lei ou pelas normas técnicas.

Ampère

Ampère é a unidade de medida de intensidade de corrente elétrica no Sistema Internacional de Medidas - MKS. Um ampère equivale à intensidade de uma corrente elétrica que passa por uma resistência elétrica de 1 ohm sob uma diferença de potencial de 1 volt.

Ângulo de fase

Este termo se refere ao ângulo de deslocamento entre duas ondas senoidais, como ocorre com as fases das tensão de um gerador trifásico.

Aterramento

Aterramento é a conexão elétrica intencional de um sistema elétrico ou de um equipamento elétrico (gabinetes, conduítes, estruturas, etc.) à terra ou ao solo.

Auto-excitado

Este termo designa um alternador cujo sistema de excitação retira energia de sua própria saída principal de tensão em corrente alternada.

Autoridade competente

A autoridade competente é a instituição com a responsabilidade legal de inspecionar uma instalação e aprovar os equipamentos, atestando que os mesmos atendem às normas técnicas e padrões exigidos.

Baixa tensão

No contexto deste manual, baixa tensão refere-se às tensões de operação de sistemas corrente alternada entre 120 e 600 VAC.

“Backup” (“Gerador Sobressalente”)

Uma instalação protetora do tipo “Backup” nada mais é do que um equipamento (grupo gerador) de reserva cuja finalidade é entrar em operação apenas no caso do grupo gerador principal tenha apresentado algum tipo de falha operacional.

Nota: Apesar de ser um “anglicismo”, a palavra “Backup” já está bastante difundida no vocabulário técnico da língua portuguesa e, portanto, não há necessidade de ser traduzida por alguma palavra equivalente em português.

Barramento (“Bus”)

O termo barramento (“Bus”) refere-se aos “feixes de condutores” principais que conectam dois ou mais grupos geradores e as respectivas cargas em uma instalação equipada com sistema de “paralelismo” (ou seja, diversos grupos geradores com suas saídas de tensão conectadas em paralelo). Este termo também se aplica aos “feixes de condutores” utilizados em sistemas de distribuição de energia.

Os condutores utilizados na montagem de um barramento podem ser feitos de condutores de cobre com grandes bitolas ou então por condutores rígidos de cobre, com áreas de seção transversal tão grandes quanto “barras”. Todavia, a palavra barramento não é originário da barra, isso se deve à mera coincidência.

O termo barramento (“Bus”) também é utilizado em eletrônica digital para designar “feixes de múltiplos condutores” (condutores de muito baixas correntes e de baixa potência, e que nada têm a ver com barras de cobre) utilizados para transportar sinais sícronos de dados.

“Black Start”

O termo “Black Start” corresponde à realização da partida de um gerador sem qualquer tipo de assisitencia de recursos externos (baterias, energia elétrica da rede pública, etc), que não sejam do próprio grupo gerador. Ou seja, um tipo de partida no qual o grupo gerador funciona de modo auo-suficiente.

Campo

O campo magnético no interior de um gerador (rotor) consiste em diversos eletroímãs com múltiplas polaridades que induzem uma tensão alternada na saída das bobinas do induzido (estator) do gerador quando o rotot é colocado em rotação pelo motor mecânico. O campo magnético é criado pela corrente contínua fornecida pelo excitador do gerador.

“Campo livre” (medição de ruídos sonoros)

Nos procedimentos de medição de ruídos, um “campo livre” é definido como um campo em um meio homogêneo, isotrópico (um meio que tem a qualidade de transmitir som igualmente em todas as direções) livre de barreiras refletoras, obstáculos, atenuadores, etc. Na prática, é um espaço no qual os efeitos das “fronteiras” podem ser considerados desprezíveis dentro da região de interesse. Num “campo livre”, a magnitude da pressão de uma onda sonora diminui 6 dB cada vez que a distância é dobrada a partir de uma fonte pontual de onde se origina o som.

Carga básica (“Base Load”)

No contexto deste manual, o termo “carga básica” corresponde à parte constante da demanda de carga das instalações eléticas de uma edificação. Este valor corresponde à “base” da curva de demanda por eletricidade em uma edificação ou instalação.

Carga contínua

No contexto deste manual, o termo “carga contínua” é definido como o valor correspondente ao consumo máximo de corrente elétrica por um período contínuo de três horas ou mais (segundo a definição do padrão “NEC – National Electrical Code”, dos EUA, para os cálculos de projetos).

Carga de pico

“Carga de pico” corresponde ao valor mais elevado na curva de consumo de potência elétrica em uma instalação. O valor definido para “carga de pico” é utilizado como referência para a medição da demanda de consumo pela companhia distribuidora de energia.

Carga não-linear

Uma carga não-linear é aquela para a qual a relação entre a tensão (tensão) e corrente não corresponde à uma função linear. Dentre as cargas não-lineares mais comuns podemos indicar: sistemas de iluminação fluorescente, motores de partida controlados por SCR’s e sistemas UPS. As cargas não-lineares causam aquecimentos anormais dos condutores e distorções nos sinais das tensões.

Ciclo (Período)

Um ciclo (ou período) corresponde ao período de tempo no qual a amplitude de um sinal senoidal (onda sonora, sinal de tensão alternada, sinal de corrente alternada, etc.) demora para variar desde o “zero”, até o seu valor máximo, até o “zero” novamente, até o seu valor mínimo e, finalmente, até o “zero”.

O número de ciclos por segundo é denominado de “freqüência”.

Circuito

Um circuito é definido como um caminho através do qual ocorre o fluxo de uma corrente elétrica quando há uma diferença de tensão (ou diferença de tensão) entre dois pontos (ou, extremos) deste circuito.

Classificação de sobrecarga (“Overload Rating”)

A classificação de sobrecarga de um dispositivo é definida como o excedente de potência, além da sua potência nominal, que um dispositivo elétrico pode suportar durante um determinado intervalo de tempo sem que seja danificado.

Compensação de corrente cruzada (“Cross Current Compensation”)

Compensação de corrente cruzada é um método por meio do qual é possível controlar a potência reativa oferecida por um gerador CA, conectado em um sistema de “paralelismo”, de modo que todos os grupos geradores compartilhem de maneira equitativa a carga reativa total no barramento sem que haja uma diminuição significativa da tensão.

Concessionária de energia elétrica (ou Distribuidora de energia elétrica)

A concessionária de energia elétrica é a empresa responsável pelo fornecimento e distribuição comercial de energia elétrica a partir de uma grande fonte central de geração de energia.

Nos países de língua inglesa, toda empresa concessionária ou distribuidora de serviços como água, energia elétrica, gás, combustíveis, etc. recebe a denominação de “Utility”.

Conexão de terminais (“Lugging”)

Em muitas instalações elétricas é bastante comum o uso de terminais nas extremidades dos cabos e fios para melhorar a qualidade e durabilidade das conexões.

Conexão “Estrela” ou Conexão “Y” (“WYE Connection”)

Uma conexão em estrela é um método de interconectar as fases de um sistema trifásico para formar uma configuração que lembra a letra “Y”. Um quarto fio (neutro) pode ser conectado ao ponto central.

Nos países de língua inglesa este tipo de conexão é denominado “Y” ou “WYE”.

Conexão “Triângulo” (“Delta Connection”)

A conexão em triângulo é uma conexão trifásica na qual o início de cada fase está conectado ao final da próxima fase, formando um triângulo. As linhas de carga estão conectadas nos vértices do delta.

Nos países de língua inglesa este tipo de conexão é denominado “DELTA”, pois lembra o formato da a letra grega Δ (delta) maiúscula.

Contator

Um contator é um dispositivo utilizado para abrir e/ou fechar um ou mais circuitos elétricos. As características construtivas de um contator são basicamente as mesmas de um relé de múltiplos contatos, e a distinção entre ambos é feita basicamente em função das magnitudes de correntes e tensões de operação.

Coordenação Seletiva (“Selective Coordination”)

O termo “Coordenação Seletiva” se referre ao acionamento seletivo de dispositivos proteção contra sobrecorrentes de tal modo que eventuais falhas relacionadas à ocorrência de curto-circuitos sejam eliminadas imediatamente pelos dispositivos conectados ao cabeamento do equipamento onde se originou a falha, e somente pelo dispositivo.

Corrente elétrica

Corrente elétrica é definida como o fluxo de cargas elétricas através de um determinado meio condutor. No sistema de internacional de medidas, MKS, sua unidade de medida é o ampère.

Corrente alternada - CA (“Alternate current - AC”)

É a corrente elétrica que alterna entre um valor máximo positivo e um valor máximo negativo (geralmente com uma amplitude que varia de modo senoidal em função do tempo), com um valor característico freqüência, geralmente 50 ou 60 ciclos por segundo (Hertz).

Corrente contínua - CC (“Direct current - DC”)

Corrente contínua é uma corrente elétrica que não varia em função do tempo e nem apresenta reversões de polaridade.

Corrente de partida de um motor elétrico

Este valor corresponde ao consumo de corrente elétrica durante a partida de um motor elétrico. Este valor costuma ser muito mais elevado que a corrente nominal de rotação do motor, pois durante a partida ocorre um pico de consumo de corrente necessária para energização dos campos magnéticos no interior de suas bobinas, assim como para vencer a inércia do rotor e o momento de inécia da carga rotativa.

“Corte de Pico” (“Peak Shaving”)

“Corte de pico” é o processo pelo qual algumas cargas de uma instalação são desativadas ou têm seu consumo de potência reduzido durante um curto período de tempo para evitar que a demanda de consumo de energia elétrica do sistema sobre a rede elétrica local ultrapasse um limite máximo pré-estabelecido.

Curto-circuito

De maneira bastante simplificada, um curto-circuito pode ser definido como a conexão elétrica não intencional (ou acidental) entre componentes que transportam corrente elétrica através de um circuito.

“Diagrama unifiliar” (“One-line Diagram”)

Um “diagrama unifiliar” corresponde à um diagrama esquemático, bastante simplificado, utilizado no projeto de sistemas de sistemas de distribuição de energia elétrica trifásica. Neste tipo de diagrama utiliza-se apenas uma linha para representar a fiação que transporta a tensão de 3 fases. A principal vantagem deste tipo de diagrama é a simplificação dos projetos, pois é utilizada apenas uma linha para representar a fiação correspondente à 3 fios, cada um contendo uma fase.

Disjuntor (“Circuit Breaker”)

Um disjuntor é um dispositivo de proteção utilizado para limitar a quantidade de corrente elétrica através de um circuito. Este tipo de dispositivo interrompe automaticamente a passagem de corrente que flui através de seus terminais sempre que o valor da corrente elétrica ultrapassa um valor pré-determinado por um período pré-determinado de. Para maiores detalhes, consulte os ítems: “Disjuntor a ar”, “Disjuntor principal”, “Disjuntor em caixa moldada” e “Disjuntor de Alimentação”.

Disjuntor a ar (“Air Circuit Breaker”)

Um “disjuntor a ar” interrompe automaticamente a corrente que passa por ele sempre que a corrente ultrapassa o valor nominal de desarme para o qual o disjuntor está configurado. Este tipo de disjuntor não é preenchido com qualquer tipo de material isolante, pois o seu material isolante é o ar atmosférico. O ar atmosférico isola elétricamente os componentes energizados (ou “partes vivas”) de outras componetes metálicos e aterrados. Para maiores detalhes veja também o item “Disjuntor de alimentação”.

Disjuntor de potência (“Power Circuit Braker”)

Um “Disjuntor de Potência” é um disjuntor cujos contatos são forçados a fechar por meio de um mecanismo acionado por molas (este mecanismo permite se obter uma velocidade de fechamento muito rápida – até 5 ciclos do sinal de tensão) e especificados para trabalhar com grandes valores para as correntes nominais e correntes de corte (ou interrupção). Um “Disjuntor de Potência” pode ser fabricado nos modelos “com caixa isolada” ou “com isolamento à ar”.

Disjuntor em caixa moldada (“Molded Case Circuit Braker”)

Um disjuntor do tipo “caixa moldada” interrompe automaticamente a corrente que passa por ele quando a mesma excede um certo nível durante um determinado tempo. O termo “caixa moldada” refere-se ao uso de plástico moldado (ou “plástico injetado”) como material de fabricação e como meio de isolamento elétrico para este.

Disjuntor principal (“Main Circuit Braker”)

Um “Disjuntor Principal” é simplesmente o disjuntor conectado na entrada ou na saída de tensão do barramento de tensão (“Voltage Bus”) e, através do qual toda a potência do barramento deve fluir. O disjuntor principal do gerador é um dispositivo,

geralmente montado no próprio grupo gerador, que pode ser usado para interromper a saída de tensão e de potência do grupo gerador.

Eficiência (“EFF”)

“Eficiência” é a relação entre a potência de saída e a potência de entrada em um sistema. Como, por exemplo, a relação entre a potência elétrica consumida na entrada de motor elétrico e a potência mecânica de saída, medida no eixo do motor.

Elevação de tensão / Elevação de freqüência (“Overshoot”)

Estes termos referem-se à situações nas quais o valor da tensão ou o valor da frequencia podem exceder os seus respectivos valores nominais, à medida que o regulador de tensão ou o governador respondem às mudanças de carga.

Energia

Energia é uma das principais grandezas envolvidas em qualquer evento físico. A energia ocorre na forma de eletricidade, luz, calor, movimento, ou qualquer outro fenômeno físico. Ela pode ser convertida de uma forma em outra por meio dos recursos adequados como, por exemplo, em um grupo gerador no qual a energia mecânica é convertida em energia elétrica. Algumas das unidades de medida de energia no Sistema Internacional de Medidas, MKS, são: kW x hora (kilowatt hora), BTU (British Thermal Unit = Unidade Térmica Britânica), Hp x hora (“Horse Power” Hora), lbf x pé (libra-força pé), Joule e Caloria.

Enrolamentos de Amortecimento (“Amortisseur Windings”)

Os “Enrolamentos de Amortecimento” de um gerador síncrono CA são os condutores inseridos nas faces dos pólos do rotor. Eles são conectados entre si nas duas extremidades dos pólos através de anéis. Sua função é amortecer as oscilações na forma de onda da tensão de saída durante as mudanças de carga.

Entrada de Tensão da Concessionária (“Service Entrance”)

A “Entrada de Tensão da Concessionária” é o local de acesso por onde entram os cabos de energia provenientes da rede pública de energia elétrica em uma determinada instalação. Em sistemas que operam em baixas tensões, o cabo do neutro é aterrado na “Entrada de Tensão da Concessionária”.

Escala dB/dB(A)

A escala logarítmica de medida da intensidade sonora, decibel (dB), é utilizada para se quantificar a intensidade de um determinado som. Em geral, os medidores de intensidade sonora possuem diversas escalas em decibéis (A, B, C). A escala A, ou dB(A), é a escala mais comumente utilizada para medir a intensidade dos ruídos produzidos por grupos geradores.

Estator

O “estator” é a parte estacionária de um gerador ou de um motor. Veja também o item “Induzido”.

Excitador

Excitador é um dispositivo que fornece corrente contínua (CC) às bobinas de campo de um gerador síncrono, produzindo a intensidade de fluxo magnético necessária para induzir a tensão de saída nas bobinas do induzido (estator). Veja também o item “Campo”.

“Excitado em separado”

Esta é a designação de um alternador cujo sistema de excitação retira sua energia de uma fonte separada (e não de sua própria saída de tensão).

Faixa de Oitavas (“Octave Band”)

Em medições de pressão do som (usando-se um analisador de faixa de oitavas), as faixas de oitavas são as oito divisões do espectro de freqüência do som medido, onde a freqüência mais alta de cada faixa é duas vezes maior que sua freqüência mais baixa. As faixas de oitavas são especificadas por suas freqüências de centro, geralmente: 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 Hz (ciclos por segundo).

“Falha” (“Fault”)

Neste manual, o termo “Falha” se refere à qualquer ocorrência relacionada à um fluxo irregular de corrente elétrica que não se enquadre no projeto original do sistema. Pode ser um evento relacionado à um curto-circuito, à uma sobre-corrente, etc.

Fase

Neste manual, o termo “Fase” se refere aos enrolamentos de um gerador CA. Em um gerador de três fases (trifásico) há três enrolamentos, geralmente designados por A-B-C, R-S-T ou U-V-W. As fases têm uma diferença de 120 graus de uma para a outra. Ou seja, os instantes nos quais as tensões das três fases passam pelo ponto zero ou alcançam seus valores máximos estão separados uns dos outros por uma diferença de 120 graus. Um ciclo completo equivale à 360 graus. Um gerador de uma única fase (monofásico) possui apenas um enrolamento.

Fator de Carga (“Load Factor”)

O “Fator de Carga” corresponde à razão (divisão)

entre o valor da carga média e a potência nominal de um grupo gerador.

Fator de Demanda (“Demand Factor”)

O “Fator de Demanda” corresponde à razão (divisão) entre o valor da carga efetiva (a carga consumida, de fato) e o valor da carga total conectada à saída de tensão de um grupo gerador.

“Fator de Desvio” (“Deviation Factor”)

O “Fator de Desvio” corresponde ao valor do desvio instantâneo máximo, em %, da tensão de saída em um gerador de uma forma de onda senoidal “real” que tenha o mesmo valor de RMS e freqüência.

“Fator de Influência Telefônica” (“TIF - Telephone Influence Factor”)

Os harmônicos mais elevados contidos numa de onda de tensão na saída de um gerador podem causar efeitos indesejáveis nos sistemas de comunicações telefônicas quando as fiações de energia elétrica estão instaladas paralelamente com as fiações das linhas telefônicas. O valor correspondente ao “Fator de Influência Telefônica” é calculado elevando-se ao quadrado os valores das tensões RMS das séries de harmônicos fundamental e das séries de harmônicos fundamental não-triplas, somando-os e, então, extraindo-se a raiz quadrada da soma. A razão entre este valor calculado e o valor da tensão RMS na saída do gerador, sem carga, é chamada “TIF Equilibrado”. A razão entre este valor e o triplo do valor da tensão RMS entre fase e neutro, sem carga na saída do gerador, é chamada de “RIF” (ou “Componente Residual RIF”).

Fator de Potência (FP)

As indutâncias e capacitâncias em circuitos CA fazem com que o ponto pelo qual a onda senoidal de tensão passa pelo ponto zero seja diferente do ponto pelo qual a onda senoidal de corrente passa pelo ponto zero. Quando a onda de corrente precede a onda de tensão, o resultado é um fator de potência adiantado, como no caso de cargas capacitivas ou motores síncronos superexcitados. Quando a onda de tensão precede a onda de corrente, o resultado é um fator de potência atrasado. Geralmente, este é o caso. O “fator de potência” corresponde à quantidade na qual o zero da tensão é diferente do zero da corrente. Esta diferença entre os pontos de zero pode ser expressa como um ângulo. O fator de potência é calculado como o co-seno do ângulo de separação entre os pontos de zero, e é expresso como uma fração decimal (0,8) ou como porcentagem (80%). Este valor corresponde à razão entre a potência nominal (em kW) e a potência efetiva (em kVA). Em outras palavras: kW = kVA x FP.

Fator de Potência “Adiantado” (“Leading Power Factor”)

Um fator de potência “adiantado” em circuitos CA (0.0 a -1.0) é causado por cargas capacitivas ou por motores síncronos superexcitados que fazem a corrente adiantar-se em relação à tensão. Veja também o item “Fator de Potência”.

Fator de Potência Atrasado (“Lagging Power Factor”)

O fator de potência atrasado em circuitos CA (um fator de potência entre 0.0 e 1.0) é causado por cargas indutivas, tais como motores e transformadores, que fazem a onda senoidal da corrente elétrica se atrasar em relação à onda senoidal da tensão. Veja também o item “Fator de Potência”.

“Fator de Serviço” (“Service Factor”)

O “Fator de Serviço” corresponde à um fator de multiplicação aplicado à classificação de potência nominal de um motor para indicar um aumento na saída de energia (capacidade de sobrecarga) que o motor é capaz de fornecer sob certas condições extraordinárias de funcionamento.

“Flicker” (Tremulação na tensão)

O termo “Flicker” (ou “tremulação”, como é popularmente conhecido na língua portuguesa) descreve uma oscilação, um aumento ou uma redução visíveis nas intensidades das lâmpadas resultantes de um pico, queda ou oscilação de tensão.

“Fora de Fase” (“Out-of-Phase”)

O termo “Fora de Fase” refere-se à correntes ou tensões alternadas, senoidais, de mesma freqüência, que não passam por seus respctivos pontos “zero” ao mesmo tempo.

Freqüência

Freqüência é o número de ciclos completos por unidade de tempo de qualquer tipo de fenômeno cíclico ou que varie periodicamente. Por exemplo, tensão alternada, corrente alternada, uma vibração mecânica, uma onda eletromagnética, etc. Em geral, este valor é expresso em Hertz (Hz) ou ciclos por segundo (CPS).

Fusível limitador de corrente

Um “fusível limitador de corrente” é um dispositivo de acionamento rápido que interrompe a passagem de correntes dentro de sua faixa de operação nominal. Em geral, este tipo de dispositivo é acionado num intervalo de tempo equivalente a meio ciclo da onda senoidal de tensão.

Gerador

Um gerador é um equipamentop que converte energia mecânica (de um eixo rotativo) em energia

elétrica. Veja também o item “Gerador de corrente alternada (CA)”.

Gerador de corrente alternada (CA)

“Gerador de corrente alternada (CA)” ou “Gerador CA” ao os termos utilizados com mais freqüência para designar um gerador que produz corrente alternada (CA). Veja também o item “Alternador e Gerador”.

Gerador de ímã permanente (“PMG - Permanent Magnet Generator”)

Um “gerador de ímã permanent”e é um gerador cujo(s) campo(s) magnético(s) do rotor é(são) produzido(s) por ímã(s) permanente(s) ao invés de se utilizar um eletroímã (“campo induzido”). Este tipo de gerador é utilizado para gerar corrente elétrica utilizada para a excitação de “alternadores excitados em separado”.

Governador do motor

O “Governador do motor” é um dispositivo do motor (mecânico) do grupo gerador que controla o fluxo de combustível para manter uma rotação constante do motor (mecânico) sob as mais diversas condições de carga. O governador deve ser provido com algum tipo de recurso que permita ajustar a rotação do motor (e por conseqüência a freqüência do gerador) e lidar com quedas súbitas de rotação do motor (que pode ocorrer durante a transição entre a condição de funcionamento sem carga alguma para a condição de carga plena).

Harmônicos

Harmônicos são ondas senoidais secundárias que aparecem como componentes da tensão de saída ou corrente de saída de um gerador. Normalmente, as freqüências destas ondas corresponde à múltiplos inteiros da freqüência principal de um sistema de energia (ou seja, múltiplos inteiros de 50 ou 60 Hertz). As correntes de harmônicos acrescentam distorções na forma puramente senoidal de onda de tensão de saída do gerador.

Hertz (Hz)

O termo Hertz (Hz) é a designação estabelecida pelo Sistema Internacional de Unidades de Medida (MKS) para medir freqüências de oscilações e equivalem ao número de ciclos por segundo (CPS) de uma oscilação.

“Hunting”

No contexto deste manual, o termo “Hunting” se refera ao fenômeno que pode ocorrer em associação com mudanças nas cargas, e, como conseqüência, pode desencadear alterações nos valores da freqüência ou da tensão continua, fazendo com que se elevem ou decaiam além de um limite máximo permitido para variações. Estas alterações (ou “oscilações”). Em geral, este efeito é causado por insuficiência do grupo gerador em alimentar todas as cargas a ele conectadas.

Induzido (“Armature”)

O induzido de um gerador CA é o conjunto de enrolamentos e componentes do núcleo metálico na qual a tensão de saída do gerador é induzida. O induzido corresponde à parte estacionária (ou seja, o estator) de um gerador de campo rotativo.

“Intervalo” ou “Espaçamento” (“Pitch”)

No contexto deste manual, o termo “Intervalo” ou “Espaçamento” (“Pitch”) é a razão do número de fendas de enrolamento do estator do gerador contidos em cada bobina e o número de fendas de enrolamento por pólo. É uma característica mecânica que o projetista do gerador pode utilizar para otimizar o custo do gerador em função da qualidade da forma de onda da tensão.

Isolamento

No contexto deste manual, podemos definir um isolamento como um obstáculo feito em material não condutor de eletricidade e utilizado para evitar a passagem de corrente elétrica através do mesmo, e, assim, evitar a “fuga” de corrente elétrica de um componente condutor. Existem diversas “classes” de isolamento e materiais isolantes utilizados para a fabricação de geradores, cada uma delas especificada conforme a sua temperatura máxima de serviço contínuo.

“Jerk” (“Tranco”)

O termo da língua inglesa “Jerk” (que pode ser traduzido por “tranco” para a língua portuguesa) pode ser definico como a taxa de mudança da aceleração de um objeto. Em geral, este parâmetro é utilizado para medir o desempenho de elevadores.

kVA (kilo-Volt-Ampère)

A unidade de medidas kVA é utilizado para especificar o consumo de potência de equipamentos elétricos. A especificação em kVA de um determinado equipamento é corresponde ao produto do valor de sua corrente nominal de operação (em ampères) e do valor de sua tensão nominal de operação (em volts). No caso de grupos geradores trifásicos, kVA corresponde à classificação de saída de potência dividida por 0,8, que corresponde ao seu fator de potência nominal. Um valor expresso em kVA corresponde à soma vetorial da potência ativa (kW) e da potência reativa (kVAR) que flui através de um circuito.

kVAR (kilo-Volt-Ampères reativo)

A unidade de medidas kVAR corresponde ao

produto entre os valores da tensão e da amperagem necessárias para acionar circuitos indutivos. Esta grandeza está associada à potência reativa que flui entre os enrolamentos de geradores conectados em paralelo, ou, entre os enrolamentos de geradores e de cargas que fornecem correntes magnetizadoras para a operação de transformadores, motores e outras cargas eletromagnéticas. A potência reativa não aplica uma carga sobre o motor mecânico do grupo gerador, todavia, limita térmicamente o gerador.

kW (kilo-Watt)

A unidade de medidas kW é utilizado para classificar a potência de funcionamento de equipamentos elétricos. Nos EUA, os grupos geradores são especificados conforme sua potência nominal de saída em kW. O termo kW, algumas vezes denominado de “potência ativa”, aplica cargas ao motor de um grupo gerador.

kWh (kilo-Watt-hora)

A unidade de medidas kWh é utilizada para especificar quantidades de “energia elétrica”. O valor de 1 kWh corresponde ao consumo de potência de 1 kW durante um intervalo de tempo de 1 hora.

“Mains”

“Mains” é um termo utilizado extensivamente fora dos EUA para descrever o serviço usual de fornecimento de energia elétrica (por uma empresa distribuidora de energia).

Material acústico

No contexto deste manual, o termo “Material Acústico” corresponde à qualquer material que se faça referência em razão de suas acústicas, em especial, sua capacidade de absorção ou de atenuação de sons.

Média tensão

No contexto deste manual, tensão média refere-se às tensões de operação de sistemas CA entre 601 a 15.000 VAC.

Medidor do nível de som

Um “medidor do nível de som” é um equipamento utilizado para medir a magnitude da pressão gerada por uma onda sonora. O “medidor do nível de som” possui diversas escalas, em decibéis (dB) de freqüência (A, B, C) para abranger várias partes da faixa de medição. Os medidores de níveis de som indicam o som RMS, exceto se as medições forem qualificadas como instantâneas ou de pico.

“Motoring”

“Motoring” é um tipo de problema que pode ocorrer em instalações com múltiplos grupos geradores, conectados entre si por um sistema de paralelismo. No caso do motor mecânico de algum dos grupos geradores falhar e não conseguir suprir a potência necessária ao funcionamento do sistema, o gerador pode passar a consumir energia do barramento principal, funcionando assim como um motor elétrico e compensando a incapacidade do motor mecânico deste grupo gerador com problemas de funcionamento.

A maneira recomendada para se evitar este tipo de problema é por meio do uso de um sistema de proteção contra alimentação reversa de energia, que desconecte automaticamente o grupo gerador que apresentar este tipo de mal funcionamento do barramento de energia.

Além disso, em certos tipos de aplicação, tais como no acionamento de elevadores, o motor do elevador pode provocar uma alimentaçãoo reversa do grupo gerador no caso de não haverem outras cargas conectadas ao barramento e que possam absorver a potência que é “devolvida” para o barramento de energia pelo motor do elevador em determinadas situações (quando o motor do elevador gira no sentido favorável de sua carga mecânica, ou seja, quando faz descer uma cabina lotada ou quando faz subir uma cabina vazia).

NEC (“National Electrical Code”)

Este documento é mais conhecido como o conjunto geral de normas técnicas, dos Estados Unidos da América, para operações com eletricidade e sistemas elétricos em geral.

NEMA

National Electrical Manufacturers Association (Associação de Fabricantes de Equipamentos Elétricos).

Neutro

Neutro refere-se ao ponto comum de um gerador CA conectado em Y (“estrela”), um condutor conectado a esse ponto ou ao ponto de enrolamento intermediário de um gerador CA monofásico.

Neutro aterrado

Um neutro aterrado é o ponto central de um gerador com 4 fios, conectado em Y (“estrela”), ou o ponto intermediário de um gerador monofásico, aterrados intencionalmente.

NFPA

National Fire Protection Association (Associação Nacional de Proteção Contra Incêndios).

Nível de Pressão do Som (“SPL - Sound Pressure Level”)

O termo “Nível de Pressão de Som” refere-se à

magnitude da diferença de pressão causada por uma onda sonora. Esta magnitude de pressão é expressa na escala de decibéis (A,B,C) tomando-se como referência a algum padrão de medidas de pressão (geralmente, de 10E-12 microbaries).

Ohm

Ohm a unidade de resistência elétrica no Sistema internacional de Medidas - MKS. O valor de 1 ohm é definido como o valor de uma resistência elétrica que permite a passagem de uma corrente de 1 ampère, através de um condutor cujas espremidades estejam submetidas à uma diferença de potencial de 1 volt.

Onda senoidal

Uma onda senoidal é uma representação gráfica de uma função seno, onde os valores da função seno (geralmente no eixo y) são apresentados num gráfico em função de uma variável correspondente ao ângulo (eixo x). As formas das ondas de tensão e corrente CA são praticamente as mesmas de uma função seno.

Operação em paralelo

É a operação de duas ou mais fontes de energia CA cujos terminais de saída estão conectados, em paralelo, à uma mesma carga.

Partida imediata

No contexto deste manual, o termo “partida imediata” refere-se à partida de um sistema de energia com seus próprios recursos, sem que haja qualquer auxílio de fontes externas de energia.

“Pico” (“Surge”)

No contexto deste manual, o termo “Pico” corresponde a uma elevação repentina de tensão em um sistema elétrico, geralmente causada pela desconexão de alguma carga.

Pólo

No contexto deste manual, o termo ”Pólo” é um termo utilizado quando se refere a ímãs, que são bipolares, ou seja, possuem dois pólos: Norte e Sul. Como os ímãs são bipolares, todos os geradores têm um número par de pólos. O número de pólos determina a rotação do gerador para se obter a freqüência desejada. Por exemplo, um gerador com um campo de 4 pólos deve ser acionado com uma rotação de 1800 rpm para se obter uma freqüência de 60 Hz (ou, a 1500 rpm para se obter uma freqüência de 50 Hz).

O termo “pólo” também pode se referir aos eletrodos de uma bateria ou ao número de fases acionadas por uma chave conectora ou por um disjuntor.

Ponte de desarme (“Shunt Trip”)

“Ponte de desarme” é um recurso incorporado a um disjuntor ou a um interruptor equipado com fusíveis, para permitir a “abertura remota” do disjuntor ou interruptor por meio de um sinal elétrico.

Ponte de excitação (“Shunt Excited”)

O termo “Ponte de excitação” se refere a um alternador que usa uma parte de sua tensão de saída CA para produzir a corrente de excitação que alimenta o campo magético do rotor.

Potência

Potência é definida como a relação entre quantidade de trabalho ou quantidade de energia gastos por unidade de. A potência mecânica pode ser expressa em diversas unidades de medida, entre elas: o watt (W), o cavalo-vapor (CV), o Hp, etc. A unidade de medida mais utilizada para a potência elétrica é o watt (w) ou o seu múltiplo kilowatt (kW. Um kW é igual a 1,34 Hp.

Potência aparente

“Potência aparente” é simplesmente o resultado da multiplicação entre o valor da corrente elétrica (RMS) e o valor da tensão (RMS), e é expressa em kVA. O valor da “potência aparente” equivale ao valor da “potência real” (em kW) dividida pelo “fator de potência” (FP).

Potência ativa

O termo “potência ativa” (expressa em kW) designa o “valor efetivo de potência” fornecida pelo grupo gerador a uma carga. A “potência ativa” exige o fornecimento de um determinado valor de ”potência mecânica“ pelo motor do grupo gerador, e, o limite máximo para esta “potência ativa” é determinado pela potência máxima do motor e pela eficiência do gerador. A “potência ativa” corresponde ao valor de potência elétrica consumida em uma determinada instalação por equipamentos tais como: sistemas de aquecimento, sistemas de iluminação, acionamento de motores elétricos para diversas aplicações, etc.

Potência real

A “potência real” corresponde ao valor resultante do produto entre os valores da “corrente elétrica”, “tensão” e “fator de potência” (o valor do co-seno do ângulo pelo qual a corrente se adianta ou se atrasa em relação à tensão). Sua unidade de medida é o W (watt).

Potência reativa

A “potência reativa” corresponde ao valor resultante do produto entre os valores da “corrente elétrica”, “tensão” e o seno do ângulo pelo qual a corrente se adianta ou se atrasa em relação à tensão Sua unidade de medida é o VAR (volts ampère-reativo).

Proteção contra falha no aterramento (“GFP - Ground

Fault Protection")

Um sistema de proteção contra falha no aterramento é utilizado para limitar os danos aos equipamentos que possam ser causados por "correntes de falha" entre uma linha e o terra.

Proteção de reserva

Um "sistema de proteção de reserva" consiste num conjunto de diversos dispositivos de proteção (redundantes) que devem entrar em operação somente depois que outros dispositivos de proteção tenham falhado ao detectar uma falha ou ativar algum recurso de proteção contra falhas.

Queda de tensão ("Voltage Dip")

No contexto deste manual, uma "queda de tensão" corresponde à uma redução no valor nominal da tensão que pode ocorrer quando uma carga é acrescentada ao sistema. Normalmente, esta queda temporária ocorre antes que regulador de tensão possa detectar e corrigir esta variação no valor da tensão, ou então como resultado do acionamento do regulador de tensão para aliviar a demanda de potência em um gerador sobrecarregado.

Rádio-interferência

Rádio-interferência refere-se à interferência que um grupo gerador pode causar na recepção de ondas de rádio.

Ramo ("Leg")

Um "ramo" corresponde a um enrolamento de fase de um gerador, ou a um condutor de fase em um sistema de distribuição.

Reatância

Reatância é a resistência à passagem de corrente em circuitos CA causada por indutâncias e capacitâncias deste circuito. A reatância é expressa em termos de ohms e seu símbolo é X.

Regiões não-conformes

Este termo designa regiões de um país que, consistentemente, deixam de atender às normas técnicas e aos padrões relativos à qualidade do ar estabelecidos pela Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA).

Regulador de tensão

Um regulador de tensão é um dispositivo que mantém a saída de tensão de um gerador próxima de seu valor nominal em resposta a mudanças nas condições de carga.

Regulagem de freqüência ("Frequency regulation")

A "regulagem de freqüência" é um parâmetro (expresso como uma porcentagem) equivalente à diferença entre os valores da freqüência "sem carga" e "sob carga plena" dividida pelo valor da freqüência sob "carga plena".

Regulagem de tensão ("Voltage regulation")

A "regulagem de tensão" é um parâmetro (expresso como uma porcentagem) equivalente à diferença entre os valores da tensão "sem carga" e "sob carga plena" dividida pelo valor da tensão sob "carga plena".

Relé diferencial

Um "relé diferencial" é um dispositivo de proteção alimentado por transformadores de corrente conectados em série em dois pontos do sistema elétrico. Um "relé diferencial" compara os valores das correntes elétricas em dois pontos diferentes do circuito e é acionado quando há uma diferença entre elas (pois, supostamente, os valores deveriam ser iguais), o que significa que há uma falha na zona de proteção. Normalmente, estes dispositivos são utilizados para proteger os enrolamentos de geradores ou de transformadores.

Resistência elétrica

A resistência elétrica é a oposição à passagem de corrente elétrica através de um determinado material. Sua unidade de medida é o "ohm" e seu símbolo é "R".

Retificador Controlado de Silício ("SCR - Silicon Controlled Rectifier")

O SCR é um dispositivo de contato permanente, que possui três eletrodos (terminais), e que permite que haja um fluxo contínuo de corrente elétrica entre os seus dois terminais principais (numa única direção, pois ele tem as muitas das mesmas características de um retificador de corrente) apenas quando é aplicado um potencial adequado ao terceiro eletrodo, denominado "gate".

Retorno de terra

"Retorno de terra" é um método para detecção de falha no aterramento que utiliza um único sensor (do tipo "Transformador de Corrente") instalado ao redor da principal ponte de ligação entre o neutro do sistema de energia e ao terra. Este dispositivo propriamente não é capaz de detectar especificamente o circuito defeituoso, todavia, quando utilizado com sensores de falha de terra nas conexões dos alimentadores e fontes, pode proporcionar uma proteção contra falhas no barramento de energia quando é ajustado (atrasado) corretamente.

Rigidez dielétrica

É a medida da capacidade de uma material dielétrico isolante (em geral, utilizado para isolamento elétrico) suportar altas tensões sem que haja um rompimento elétrico do material, descargas elétricas através do mesmo, etc.

RMS (“Raiz Quadrada da Média dos Quadrados” ou “Root Mean Squared”)

O valor RMS é um parâmetro de medida de tensão CA, corrente CA e potência CA. Os respectivos valores RMS associados à cada um destas quantidades correspondem aos valores “efetivos” das quantidades. Veja também o item “Watt”, neste apêndice.

Rotação de fase

A rotação (ou seqüência) de fase descreve a ordem (A-B-C, R-S-T ou U-V-W) das fases das tensões nos terminais de saída de um gerador trifásico. A “rotação de fase” de um grupo gerador deve corresponder à mesma “rotação de fase” da fonte de energia proveniente da rede elétrica proveniente do exterior da instalação e deve ser verificada antes que o sistema de energia da instalação, baseado em um grupo gerador, seja colocado em operação.

Rotor

Um rotor é o elemento rotativo de um motor ou de um gerador.

RPM

A sigla RPM corresponde à “rotações por minuto”.

Seqüência zero

Seqüência zero é um método de detecção de falha de terra que utiliza um sensor (do tipo “Transformador de Corrente”) que circunda todos os condutores de fase, além dos condutores de neutro. O sensor produz um sinal de saída proporcional ao desequilíbrio da falha de terra no circuito. Este sinal de saída é então detectado por um relé para iniciar o acionamento do disjuntor ou alarme de falha no terra.

Sinalizador (“Annunciator”)

Um sinalizador é um dispositivo adicional utilizado para fornecer uma indicação remota sobre o status de um componente operacional do sistema. Os sinalizadores são normalmente utilizados em aplicações nas quais o equipamento monitorado não se encontra no mesmo local que a instalação servida pela rede elétrica interna. A NFPA possui exigências específicas para sinalizadores remotos utilizados em alguns tipos de aplicações, tais como hospitais.

Sincronização

Em aplicações de “paralelismo”, a sincronização é obtida quando um grupo gerador que assume a geração de energia tem a mesma freqüência, tensão e seqüência de fase que a fonte de energia.

Sistema de energia de “Emergência”

Um sistema de energia do tipo “Emergência” é um equipamento independente para geração de energia, exigido por lei, para suprir com energia elétrica equipamentos ou sistemas cuja falha possa colocar em risco a vida e a segurança de pessoas ou de instalações.

Sistema de energia “Standby”

Um sistema de energia do tipo “Standby” é um sistema independente de geração de energia que permite a continuidade de operação de uma instalação no evento de queda de energia da fonte normal.

Som

O som é composto básicamente de ondas de pressão que viajam pelo ar ou por qualquer outro meio material (sólidos, líquidos, etc.). De maneira mais simplista pode ser defindo como ondas de pressão e descompressão que viajam pelo ar e cuja freqüência de oscilação encontra-se dentro do espectro de freqüências. O som também pode ser do tipo “estrutural”, ou seja, transmitido através de um meio elástico sólido, mas é audível somente em pontos nos quais o meio sólido “irradia” as ondas de pressão para o ar.

Supressão de rádio-interferência

A supressão de rádio-interferência refere-se aos métodos utilizados para reduzir rádio-interferências causadas por um grupo gerador.

“Supressor de Surto” ou “Supressor de Pico” (“Surge supressor”)

“Supressores de surto” são dispositivos capazes de conduzir grandes valores de tensões transientes. São utilizados para proteger outros dispositivos que poderiam ser destruídos pelas tensões transientes.

Taxa lenta (“Slow rate”)

Este termo se refere à taxa de variação da freqüência do sinal de tensão .

Terra (Aterramento)

O termo “terra” designa uma conexão, intencional ou acidental, entre um circuito elétrico e o solo (terra), ou à outro objeto condutor de eletricidade que faz a mesma função que o solo.

Transformador

Um transformador é um dispositivo que muda a tensão originária de uma fonte de CA de um valor para outro.

Transformador de corrente

Um “transformador de corrente” é um dispositivo utilizado juntamente com amperímetros, circuitos de controle e relés de proteção. Geralmente, eles têm secundários de 5 ampères. Também são conhecidos pelo nome de “Alicate amperimétrico”.

Transição suave (“Bumpless Transition”)

No contexto deste manual, o termo “transição suave” corresponde à transferência da conexão à

uma nova fonte de energia elétrica (normalmente o grupo gerador) antes que haja uma no fornecimento de energia pela rede externa, ou entre duas fontes distintas de energia elétrica antes que uma delas sofra uma queda. A finalidade deste procedimento é reduzir a magnitude dos transientes de tensão e freqüência que devem ser mantidos num mínimo possível.

Transição suave de carga (“Soft Loading”)

Uma transição suave de carga é à transferência de carga para/de um grupo gerador feita de maneira gradual, para minimizar os transientes de tensão e freqüência no sistema.

“Undershoot” (“Queda súbita” ou “queda abrupta”)

No contexto deste manual, o termo “undershoot” pode se refererir à uma quantidade pela qual a tensão ou a freqüência diminuem para um valor abaixo de seus respectivos valores nominais à medida em que o regulador de tensão ou governador do motor respondem à mudanças no valor total da carga conectada ao grupo gerador.

Volt

Volt é a unidade de medida de potencial elétrico. Uma diferença de potencial de 1 volt fará com que uma corrente de 1 ampère percorra uma resistência elétrica de 1 ohm.

Tensão Fase-a-Fase (“Line-to-line voltage”)

O termo “tensão fase-a-fase” designa a diferença de tensão entre duas fases quaisquer de um gerador CA.

Tensão Fase-a-Neutro (“Line-to-neutral voltage”)

Em um gerador trifásico, de 4 fios, conectado na configuração “Estrela” (“Y”), a tensão fase-neutro é a tensão entre qualquer uma das fases e o neutro comum, ao qual cada uma das fases têm um de seus terminais conectado.

Watt

Watt é uma unidade de potência no Sistema Internacional de Medidas - MKS. Em circuitos de corrente contínua (CC), a potência é igual ao valor da tensão multiplicado pelo valor da corrente elétrica. Em circuitos de corrente alternada (CA), a potência é igual ao valor da tensão efetiva (RMS) multiplicado pelo valor da corrente elétrica efetiva (RMS), multiplicado pelo valor do fator de potência e multiplicado por uma constante que depende do número de fases do sistema. O valor de 1 kW é igual a 1.000 watts.

Zonas de proteção

No contexto deste manual, o termo “zonas de proteção” corresponde à áreas específicas de um sistema de distribuição de energia, e que são protegidas por grupos geradores específicos.

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE H

APÊNDICE H 277
Lista de Figuras 277

Página deixada intencionalmente em branco

APÊNDICE H

Lista de Figuras

Figura 2-1. Típico diagrama unifilar para um sistema de distribuição de energia elétrica 11
Figura 2-2. Classificação “Energia Standby” 13
Figura 2-3. “Energia Prime”, funcionamento por tempo ilimitado 13
Figura 2-4. “Energia Prime”, funcionamento por tempo limitado 14
Figura 2-5. Classificação “Energia de Carga Básica” 14
Figura 3-1. Queda de tensão em aplicações médicas de diagnóstico por imagem 32
Figura 4-1. Seção transversal de um gerador de 4 pólos 40
Figura 4-2. Gerador auto-excitado 41
Figura 4-3. Gerador excitado separadamente (PMG) 42
Figura 4-4. Perfil típico da tensão durante a conexão ou desconexão de uma carga 43
Figura 4-5. Curvas típicas de saturação do gerador 44
Figura 4-6. Características de resposta do sistema de excitação 44
Figura 4-7. Queda transiente de tensão 45
Figura 4-8. Curvas características típicas para a partida de um motor elétrico (100% da tensão nominal do motor aplicada aos seus terminais) 46
Figura 4-9. Queda no valor da tensão sustentada 47
Figura 4-10. Gráfico da queda transiente de tensão em função da potência de partida do motor (kVA) 47
Figura 4-11. Resposta à um curto-circuito simétrico entre as três fases 48
Figura 4-12. Capacidade de suportar um curto-circuito 48
Figura 4-13. Curvas aproximadas para as temperaturas dos enrolamentospara diferentes tipos de curto-circuito 49
Figura 4-14. Diagrama típico de conexões do motor de partida elétrico (24 Volts) 51
Figura 4-15. Resistência elétrica vs. comprimento do cabo, para diversas bitolas de cabos conforme a classificação AWG 52
Figura 4-16. Arranjo típico de uma tubulação pneumática para a partida de um motor de grupo gerador, usando ar comprimido 53
Figura 4-17. Painel de Interface do Controle a Dois Fios 54
Figura 4-18. Painel de Interface do Controle Detector 12 54
Figura 4-19. Sistema PowerCommand com Microprocessador 54
Figura 4-20. PowerCommand eletrônico com autonomia plena 55
Figura 4-21. Instalação do pré-aquecimento do circuito de jaquetade água do motor. Observe a válvula de isolamento do aquecedor,o tipo e o percurso da mangueira 60
Figura 5-1. Grupo gerador fornecendo energia para cargas comuns 66
Figura 5-2. Grupos geradores múltiplos fornecendo energia para cargas comuns 67
Figura 5-3. Grupo gerador único em aplicações do tipo “standby” 68
Figura 5-4. Grupos geradores múltiplos e chaves CTA (ATS) múltiplas 69
Figura 5-5. Grupo gerador de média/alta tensão para aplicações do tipo “Energia Prime” 70
Figura 5-6. Diagrama de uma instalação para médias ou altas tensões utilizando múltiplos grupos geradores, múltiplos cabeamentos provenientes da rede pública de energiaelétrica e múltiplas cargas 71
Figura 5-7. Gerador de baixa tensão sendo usado numa aplicação de média/alta tensão 72
Figura 5-8. Geradores conectados em paralelo 78
Figura 5-9. Exemplo de um sistema de distribuição de energia em alta/média/baixa tensão 84
Figura 5-10. Fiação típica de controle e de acessórios de um grupo gerador 86
Figura 5-11. Capacidade de corrente do alimentador 87
Figura 5-12. Desbalanceamento permitido para carga monofásica (Gerador trifásico típico da Cummins Power Generation) 89
Figura 5-13. Curva típica para a capacidade de potência reativa de um alternador em equilíbrio 91
Figura 5-14. Diagramas unifiliares típicos para os métodos alternativos de aterramento de sistemas 92
Figura 5-15.Sistema típico de aterramento de baixa resistência para um grupo gerador de média tensão e chave de transferência 94
Figura 5-16.Sistema e conexões de aterramento “típicos” conectados à rede pública de energia elétrica 95

Figura 5-17. Efeito de falha em um disjuntor de 100 Ampères com característica “A” de desarme 99
Figura 5-18. Efeito de falha em um disjuntor de 100 ampères com característica “B” de desarme 100
Figura 5-19. Curva característica de proteção AmpSentry™ do controle PowerCommand® e Curva de Danos do Alternador. (Nota: Esta curva aplica-se a todos os Grupos Geradores PowerCommand da Cummins)..... 104
Figura 5-20. Esquema de um sistema típico de proteção 105
Figura 6-1. Típicos dispositivos anti-vibração para um grupo gerador.....107
Figura 6-2. Caracteríticas típicas de uma fundação para isolamento de vibrações.....110
Figura 6-3. Isolador de vibração feito com mola de aço.....112
Figura 6-4. Grupo gerador montado sobre isoladores de vibração feitos com molas de aço 112
Figura 6-5. Características típicas de um sistema de escape para um gerador instalado dentro de um edifício..... 114
Figura 6-6: Típico sistema de escape 115
Figura 6-7.Características do sistema de escape de um grupo gerador.São mostrados: O atenuador de ruídos (“silencioso”) comdupla entrada, conectores flexíveis, ilhós da tubulação de escape e “ganchos” de fixação..... 116
Figura 6-8. Construção típica de ilhó para instalações em paredes de materiais inflamáveis.....117
Figura 6-9.Um sistema de escape simples, equipado com proteção para impedirque a água da chuva entre na tubulação de escape 118
Figura 6-10. Proteção contra água da chuva para a saída vertical da tubulação de escape de um grupo gerador. As dimensões mostradas são para uma tubulação típica escape, com diâmetro de 14 polegadas 118
Figura 6-11. Sistema de escape utilizado como exemplo para o cálculo.....120
Figura 6-12. Valores típicos para a contrapressão no silencioso em função da velocidade dos gases de escape..... 122
Figura 6-13. Contrapressão em função dos diâmetros dos tubos de escape (valores nominais em polegadas e metros).....123
Figura 6-14. Distribuição do calor irradiado para um grupo gerador típico 128
Figura 6-15.Instalação típica de um sistema de pós-arrefecimento do tipo ar-ar (ATA).(O sistema da “jaqueta de água” foi omitido do desenho para permitir aapresentação de maiores detalhes) 129
Figura 6-16.Fluxo do líquido de arrefecimento em um sistema do tipo 2P2L (“two-pumpstwo-loops”) com a válvula termostática LTA fechada 130
Figura 6-17.Radiador de arrefecimento “original de fábrica” montado diretamente sobre o grupo gerador ..131
Figura 6-18. Trocador de calor montado diretamente sobre o grupo gerador 133
Figura 6-19.“Folha de Dados Técnicos” do grupo gerador DFXX apresentando o “Valor Máximo da Pressão” do líquido de arrefecimento do motor gerada pela bomba hidráulica do sistema de arrefecimento (“Maximum Coolant Static Head”) 135
Figura 6-20.“Folha de Dados Técnicos” do grupo gerador DFXX apresentando o “Valor Máximo da Perda de Pressão” do líquido de arrefecimento do motor ao longo do circuito hidráulico do sistema de arrefecimento (“Maximum Coolant Friction Head”) 135
Figura 6-21. Exemplo de um sistema equipado com radiador remoto.....136
Figura 6-22.“Folha de Dados Técnicos” do grupo gerador DFXX apresentando o “Valor do fluxo do líquido de arrefecimento do motor”.....138
Figura 6-23.Perda de pressão por “fricção hidráulica”, no interior das tubulações, em função dos diâmetros dos tubos expressos em polegadas (milímetros). Os funcionários da Cummins podem acessar o Relatório Técnico Cummins 9051-2005-005 para obter mais informações documentadas sobre estes valores.....139
Figura 6-24. Sistema típico de um radiador remoto 141
Figura 6-25. Exemplo de um radiador remoto horizontal 141
Figura 6-26. Sistema de trocador de calor “duplo” (com radiador remoto secundário).....142
Figura 6-27. Configuração típica para um tanque de desaeração “integrado 144
Figura 6-28.Configuração típica para um tanque de desaeração “integrado”.(nesta ilustração o núcleo do radiador foi omitido).....144
Figura 6-29. Sistema com radiador remoto equipado com um tanque de desaeração “não-integrado”....145
Figura 6-30. Instalação do aquecedor para o líquido de arrefecimento. (Na foto estão indicados a válvula de

isolamento, o tipo de mangueira, e o trajeto da mangueira) 148
Figura 6-31. Temperatura de ebulição da água em função da altitude e da presão no interior do sistema ...149
Figura 6-31. “Temperatura ambiente” versus “temperatura no núcleo do radiador” (“air-on-core temperature”)....150
Figura 6-33. Tipo de “desaeração” no tanque superior do radiador 153
Figura 6-34. Sistema de arrefecimento com radiador “original de fábrica....153
Figura 6-35.Sistema de arrefecimento equipado com radiador remoto (para maiores detalhes sobre o tipo de sistema de “desaeração”, veja a Figura 6-33) 156
Figura 6-36. Radiador remoto equipado com bomba de arrefecimento auxiliar e tanque auxiliar 159
Figura 6-37. Radiador remoto equipado com reservatório “hot well” e bomba auxiliar para o líquido de arrefecimento....161
Figura 6-38. Exemplo de um radiador remoto horizontal e de um radiador de pós-arrefecimento 163
Figura 6-39. Sistema de arrefecimento equipado com trocador de calor montado na fábrica (“original de fábrica”)..... 165
Figura 6-40. Diagrama de um sistema de arrefecimento equipado com dois trocadores de calor (com arrefecedor secundário líquido-ar) 166
Figura 6-41. Diagrama ilustrativo de um sistema de arrefecimento equipado com uma torre de arrefecimento....167
Figura 6-42.Valores das perdas de pressão por “atrito viscoso” para tubos com diâmetros nominais em polegadas (metros)....171
Figura 6-44.Exemplo de uma “Folha de Especificações Técnicas” para um grupo gerador DFXX....174
Figura 6-45.Quantidade de calor emitido para dentro do recinto do grupo gerador pela tubulação de escape e pelo silencioso 175
Figura 6-46. “Temperatura máxima aceitável dentro do recinto do grupo gerador” e “temperatura ambiente”....176
Figura 6-47. Exemplo de uma “Folha de Especificações Técnicas” para um grupo gerador DFXX ...177
Figura 6-48. Exemplo de uma “Folha de Especificações Técnicas” para um grupo gerador DFXX ...179
Figura 6-49. Exemplo das instalações para ventilação de um grupo gerador equipado um radiadore ventilador “originais de fábrica” 180
Figura 6-50. Exemplo das instalações para ventilação de um grupo gerador equipado um sistema de arrefecimento remoto (não equipado com radiador e ventilador “originais defábrica”). (Nota: O sistema de arrefecimento não é apresentado nesta ilustração) 180
Figura 6-51.“Vistas superiores” de layouts para recintos de grupos geradores 182
Figura 6-52.“Vistas laterais” de layouts para recintos de grupos geradores 182
Figura 6-53.Exemplo de uma “Folha de Especificações Técnicas” para um grupo gerador DFXX 184
Figura 6-54.Exemplo das restrições (“obstruções”) ao fluxo de ar na entrada e na saída de ventilação no recinto de um grupo gerador 185
Figura 6-55.Exemplo de uma “Folha de Dados Técnicos” para um grupo gerador DFXX....185
Figura 6-56.Exemplos de instalações de sistema de ventilação para um conjunto múltiplo de grupos geradores.... 186
Figura 6-57.Exemplos de um sistema recirculação de ar utilizado para ventilação no interior do recinto do grupo gerador 187
Figura 6-58.Exemplos de uma parede de contenção e de um defletor (“turning vane”) para desvio do fluxo de ar da saída de ventilação....188
Figura 6-59.Exemplo de como deve ser feita a medida a pressão no sistema de ventilação para o cálculo da “restrição ao fluxo de ar” 190
Figura 6-60.Exemplo de como deve ser feita a medida a pressão no sistema de ventilação para o cálculo da “restrição ao fluxo de ar” 190
Figura 6-61. Sistema de arrefecimento com radiador “original de fábrica” 191
Figura 6-62.Exemplo típico da distribuição de temperatura ao redor e através de um grupo gerador 192
Figura 6-63. Instrumentação recomendada para se medir o valor da “restrição do fluxo de ar” 196
Figura 6-64. Gráfico da capacidade de arrefecimento em temperaturas ambientes elevadas 196
Figura 6-65. Diagrama do fluxo de ar de ventilação para um sistema de arrefecimento equipado com

um trocador de calor.....197
Figura 6-66. Exemplo de um sistema típico para suprimento de combustível - Tanque de suprimento localizado acima do grupo gerador 202
Figura 6-67. Exemplo de um sistema típico para suprimento de combustível - Tanque de suprimento localizado abaixo do grupo gerador 203
Figura 6-68. Sistema típico de para suprimento de combustível gasoso.....211
Figura 6-69.Tamanho mínimo do tanque de GLP (50% cheio) necessário para manter 5 psig na taxa específica de retirada e na temperatura mínima esperada durante o inverno.....212
Figura 6-70. Níveis típicos de ruídos, em decibéis, gerados por diversas fontes 219
Figura 6-71. Gráfico dos valores para o cálculo de adição de intensidades de ruídos.....220
Figura 6-72.Redução da intensidade do som em função do aumento da distância até a fonte (em um “campo aberto”).....221
Figura A-1. Caixa de diálogo GenSize - Parâmetros de “Novo Projeto” 229
Figura A-2. “Tela de Projeto” do aplicativo GenSize.....240
Figura A- 3. Janela de Configuraçã do Grupo Gerador Recomendado 243
Figura A-4. Janela “Todos os Grupos Geradores”.....244
Figura A-5. Relatório apresentando as características do grupo gerador (no modo “visualização”).....247

APÊNDICE I

APÊNDICE I 279
Lista de Tabelas 279

APÊNDICE I
Lista de Tabelas

Tabela 2-1. Classificação e tipos de sistemas. 10
Tabela 2-2. Níveis representativos de ruídos externos (na América do Norte). 20
Tabela 2-3. Normas técnicas para motores estáticos, EPA CI NSPS (60.4201, 60.4202, 60.4202. 60.4202). 21
Tabela 3-1. Fatores de Potência para iluminação. (Partida e funcionamento). 25
Tabela 3-2. Potência de reatores. 25
Tabela 3-3. Resumo das cargas que possuem inércia de rotação. 26
Tabela 3-4. Métodos e características de partida de motores utilizando tensão reduzida. 28
Tabela 3-5. Fatores de multiplicação correspondentes às letras do “Código de Letras” da norma NEMA. 28
Tabela 3-6. Características padrão para motores trifásicos: Norma NEMA, EFF, SPF, RPF. 30
Tabela 3-7. Características padrão para motores monofásicos: Norma NEMA, EFF, SPF, RPF. 31
Tabela 3-8. Requisitos do grupo gerador para aplicações com equipamentos de diagnóstico por imagem. 33
Tabela 3-9. Valôres típicos das tolerâncias para tensão e freqüência. 34
Tabela 5-1 Configurações de Enrolamento. 75
Tabela 6-1. Áreas das seções em corte transversal para aberturas de vários diâmetros. 121
Tabela 6-2. Equivalência de comprimentos para conexões de tubos (pés/metros). 121
Tabela 6-3. Equivalência de comprimentos para conectores de tubulações e válvulas em polegadas (metros). 137
Tabela 6-4. Propriedades da mistura anti-congelante. 147
Tabela 6-5. Comprimentos lineares equivalentes para conexões de tubos e válvulas, em pés (metros). 169
Tabela 6-6. Estimativa para a quantidade de calor emitido para dentro do recinto do grupo gerador por uma tubulação de escape e pelo silencioso, ambos sem isolamento. 175
Tabela 6-7. Pontos de Congelamento e Pontos de Ebulição vs. Concentração de Anticongelante. 170
Tabela 6-8. Valores das perdas de calor a partir da tubulação de escape e de silenciosos “não isolados”. 198
Tabela 6-9. Especificações para combustíveis diesel. 201
Tabela 6-10. Comprimento equivalente dos diâmetros mínimos de mangueiras e tubos de combustível, até 15 metros (50 pés). 204
Tabela 6-11. “Porcentagens máximas permitidas” para compostos inflamáveis no contidos em combustíveis gasosos utilizados em motores de grupos geradores Cummins. 209
Tabela 6-12. “Porcentagens máximas permitas” para os compostos constituintes de combustíveis gasosos, e que podem determinar o “despotenciamento” (ou seja, o rebaixamento da classificação para a potência de saída do motor - “de-rating”) de motores equipados com turbocompressor. 209
Tabela 6-13. Dimensões padrão para tubos de ferro “Schedule 40” para gás natural. 214
Tabela 6-14. Dimensões padrão para tubos semi-rígidos de cobre para gás natural. 215
Tabela 6-15. Dimensões padrão para tubos de ferro “Schedule 40” para vapor de propano. 216
Tabela 6-16. Dimensões padrão para tubos semi-rígidos de cobre para vapor de propano. 217
Tabela 6-17. Dimensões padrão para tubos de ferro “Schedule 40” para propano líquido. 218
Tabela B-1. Comparação dos processos de partida de um motor elétrico com tensão reduzida. 249
Tabela E-1. Temperaturas mínimas recomendadas para o tubo de escape. 262

Página deixada intencionalmente em branco

Power Generation

North America
1400 73rd Ave. NE
Minneapolis, MN 55432
USA
Phone 1 763 574 5000
Fax 1 763 574 5298

Asia Pacific
10 Toh Guan Road, #07-01,
TT International Tradepark
Singapore 608838
Phone 65 6417 2388
Fax 65 6417 2399

Brazil
Rua Jati, 310, Cumbica
Guarulhos, SP 07180-900
Brazil
Phone 0800 701 4701
Fax 55 11 2186 4729

China
8 Wanyuan Street, Beijing Economic
and Technological Dev. Area
Beijing 100176
P.R. China
Phone 86 10 6788 2258
Fax 86 10 6788 2285

Europe, CIS, Middle East and Africa
Manston Park Columbus Ave.
Manston Ramsgate, Kent CT 12 5BF
United Kingdom
Phone 44 1843 255000
Fax 44 1843 255902

India
35A/1/2, Erandawana,
Pune 411 038
India
Phone 91 020 6602 7525
Fax 91 020 6602 8090

Latin America
3350 SW 148th Ave., Suite 205
Miramar, FL 33027
USA
Phone 1 954 431 5511
Fax 1 954 433 5797

Mexico
Eje 122 No. 200 Zona Industrial
San Luis Potosí, S.L.P. 78395
Mexico
Phone 52 444 870 6700
Fax 52 444 824 0082

www.cumminspower.com.br

©2011 Cummins Power Generation Inc.
All rights reserved. Cummins Power Generation and Cummins are registered trademarks of Cummins Inc.
PowerCommand ® is a registered trademark of Cummins Power Generation.
Other company, product, or service names may be trademarks or service marks of others. Specifications are subject to change without notice. T-030G (Rev 01/11)